

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

Vízjárástípusok és a vízjárás stabilitása a Duna vízgyűjtőterületén

Kovács Péter

Témavezető:

Dr. Nováky Béla
egyetemi docens

Földtudományi Doktori Iskola
vezető: Dr. Monostori Miklós

Földrajz-Meteorológia Program
vezető: Dr. Gábris Gyula



VITUKI
Környezetvédelmi és
Vízgazdálkodási Kutató Intézet



ELTE TTK
Földrajzi és Földtudományi
Intézet
Földrajztudományi Központ

Budapest
2009

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés.....	1
2. A Duna vízgyűjtőterületének általános leírása.....	4
2.1. A Duna-vízgyűjtő országai és a Duna menti országok hidrológiai együttműködése.....	6
2.1.1. A Duna-vízgyűjtő országai.....	6
2.1.2. A Duna menti országok hidrológiai együttműködése.....	7
2.2. A Duna vízjárásának általános jellemzése.....	8
2.3. A vízjárást meghatározó tényezők alakulása a Duna vízgyűjtőjében.....	10
2.3.1. A Duna-vízgyűjtő általános földrajzi jellemzése.....	11
2.3.1.1. A vízgyűjtő hidrográfiai viszonyai.....	11
2.3.1.1.1. Vízfolyások.....	11
2.3.1.1.2. Tavak.....	13
2.3.1.2. A Duna-vízgyűjtő földrajzi régióinak bemutatása.....	13
2.3.1.2.1. A Felső-Duna vízgyűjtő.....	15
2.3.1.2.2. A Középső-Duna vízgyűjtő.....	17
2.3.1.2.3. Az Alsó-Duna vízgyűjtő.....	20
2.3.2. A Duna-vízgyűjtő földtani felépítése.....	21
2.3.3. Éghajlati tényezők a Duna vízgyűjtőterületén.....	25
2.3.3.1. Léghőmérséklet.....	27
2.3.3.2. Csapadék.....	28
2.3.3.3. Sugárzás, szél, párolgás.....	32
2.3.3.4. A klímaváltozás és a Duna-vízgyűjtő.....	34
2.3.4. A biogeográfiai tényező szerepe a Duna vízjárásában.....	38
2.3.5. Emberi beavatkozások a Duna vízgyűjtőterületén.....	38
2.3.5.1. Felszínborítási változások a Duna-vízgyűjtőben.....	39

2.3.5.2. Folyószabályozás, árvízvédelem, víztározás a Duna-vízgyűjtőben.....	40
3. A vízjárással kapcsolatos kutatások a világ különböző térségeiben és a Duna vízgyűjtőterületén.....	43
3.1. A vízjárás kutatása az ókortól a 19. század végéig.....	43
3.2. A 20. századi vízjárási kutatások.....	46
3.2.1. A vízjárás tipizálás kezdetei.....	46
3.2.2. A 20. század második felének vízjárási kutatásai külföldön.....	49
3.2.3. Hazai vízjárás-vizsgálatok a második világháború után.....	51
3.2.4. Globális nemzetközi együttműködésben készült vízjárás vizsgálatok.....	54
3.2.5. Független kutatások Közép-Európában az ezredforduló körül.....	57
3.2.6. A vízjárás-tipizálási módszerek fejlődési útvonalai.....	58
3.3. A vízjárás-stabilitási vizsgálatok módszerének kialakulása és elterjedése	59
4. A vizsgálat során felhasznált adatok.....	63
5. A vízjárás tipizálásának és a stabilitás meghatározásának módszerei.....	67
5.1. Az eljárás alapjai.....	67
5.2. A vízjárástípusok meghatározása.....	68
5.3. A vízjárás stabilitásának számítása.....	72
5.3.1. A Shannon-féle entrópiát mérő mutató és módosítása.....	73
5.3.2. A vízjárás stabilitás értékelése.....	75
6. Vízjárástípusok a Duna vízgyűjtőterületén.....	77
6.1. A területileg meghatározott vízjárástípusok.....	80
6.2. A vízjárástípusok hosszmenti alakulása a nagyobb vízfolyásokon.....	87
6.3. A tipizálás eredményeinek korábbi vizsgálatokkal való összehasonlítása	89
6.3.1. A Duna-vízgyűjtőbeli és a magyarországi vízjárástípusok összehasonlítása.....	89
6.3.2. A Duna-vízgyűjtő és Európa vízjárástípusainak összehasonlítása	91

6.3.2.1. Grimm vízjárás tipizálási módszere.....	91
6.3.2.1.1. A lefolyásmaximumok.....	92
6.3.2.1.2. A lefolyási minimumok.....	93
6.3.2.1.3. Az éves fajlagos lefolyás.....	94
6.3.2.1.4. A vízjárástípusok és csoportosításuk.....	94
6.3.2.2. A Duna vízgyűjtőjén megjelenő vízjárástípusok Grimm szerint.....	95
6.3.2.3. A vízjárástípusok területi elhelyezkedésének összehasonlítása.....	97
7. A vízjárás stabilitásának meghatározása a Duna vízgyűjtőterületén.....	99
7.1. A vízjárás stabilitásának területi törvényszerűségei a Duna vízgyűjtőterületén.....	101
7.2. A vízjárás stabilitásának változása a Duna és a Tisza mentén.....	104
7.3. A vízjárás stabilitásának időbeli változása a Duna vízgyűjtő néhány vízfolyásán.....	108
8. A lefolyt vízmennyiségek változásai a Duna és a Tisza két szelvényében a XX. század folyamán.....	116
9. Összefoglalás.....	120
Irodalomjegyzék	
Névmutató	
Táblázatjegyzék	
Ábrajegyzék	
Képek jegyzéke	
Mellékletek 1-20.	

1. Bevezetés

„Nincs földrészünknek vízere, mely annyi különböző tartományt, nemzetet és népfajt érintene, mint a Duna, 40 millió ember lakik a területen, melyet ő éltet. Felső folyásánál németül beszélnek, közép szakasza körül magyar szó zeng, az alsó vidék egyik partján románul kiejtett szóra a túloldal délszláv nyelven felel meg, déltája nemzetközi. A közlekedés, kereskedés és hadjáratok mindig partjai mentén vagy hullámain vették útjokat. 10 erős vár fekszik partjain, 7 helyt van állandóan áthidalva.”
(HANUSZ I. 1889)

A Duna hosszát tekintve – a Volga mögött – Európában is csak a második helyezett, mégis Földünk egyik „legnemzetközibb” folyama. A Duna és mellékfolyói jelenleg összesen 20 ország területéről gyűjtik össze a vizeket, amely világviszonylatban is egyedülállónak számít. „... Dunánk az a folyó, mely Európa népeinek történetén mint irányjelző piros fonál húzódik végig ...” (HANUSZ I. 1889) Az érintett államok kultúrájában, társadalmi-gazdasági viszonyainak kialakításában és történelmében ez a vízhálózat mindig nagyon fontos szerepet játszott. A Duna (1. kép) köldökszínórként köti össze ma is az itt élő népeket, és folyamatos kapcsolatot biztosított közöttük még azokban az időkben is, amikor a kétpólusú világrend határa ezen a vidéken húzódott.



1. kép: Vízhozammérés Budapestenél a Nemzeti Színház árnyékában

Éppen a 20. század második felében itt kialakult éles politikai határvonal miatt volt nagy jelentősége a teljes vízgyűjtőre kiterjedő, határokon átívelő kutatásoknak. A Duna-vízgyűjtőbeli országok hidrológiai együttműködése immár több mint harminc éves múltra tekint vissza, és azóta biztosít kereteket a *Dunával* és vízgyűjtőjével kapcsolatos nemzetközi hidrológiai vizsgálatokhoz. Az együttműködésben résztvevő kutatók 1986-ra létrehozták a Duna Monográfiát, amely a folyóval kapcsolatos legnagyobb, jelenleg rendelkezésre álló egységes nemzetközi tudástár. A Monográfia elkészülte óta eltelt több mint húsz év alatt azonban a tudományok fejlődésével új kutatási módszerek jöttek létre, amelyeknek a Duna-vízgyűjtőre vonatkozó eredményei a Monográfiához folyamatosan csatlakozó kiegészítő kötetekben jelennek meg.

A dolgozat elkészítésének elsődleges célja a *Duna* és mellékfolyói vízjárásának egységes módszerekkel való tanulmányozása. A fő feladat a vízjárás tipizálása és stabilitásának meghatározása a teljes vízgyűjtőre vonatkozóan. Az eredmények egy Monográfia-pótkötetben is bemutatásra kerülnek.

A vizsgálat tárgya tehát a vízjárás, amely egy adott hidrológiai mutató (a vízállás vagy a vízhozam) ingadozásának átlagos, szabályos és évszakos sorrendjét mutatja meg, amelyet fizikai, földrajzi hatások, elsősorban éghajlati körülmények, valamint mesterséges ráhatások idéznek elő. (SZABÓ J. 1998, STELCZER K. 2000) A vízjárás bemutatásában főként a szélsőséges események – maximumok és minimumok – játszanak fontos szerepet. Habár a kiválasztott hidrológiai esemény adott éven belüli viselkedése esetleg jelentősen is eltérhet egy másik évben bekövetkező eseménysortól, a vízjárás jellegzetes tulajdonságai azért egy hosszabb, több évet átfogó időszakban is azonosíthatók. Ebből következően a vízjárástípusok meghatározása a hosszú időn át hasonló tulajdonságú területek lehatárolása alapján történik, a vízjárás stabilitása pedig egy adott év és a jellegzetes, sokévi átlagos vízjárási viszonyok közötti különbséget jelenti.

Mivel az éghajlat és a hozzá kapcsolódó egyéb földrajzi tényezők területenként és időben is folyamatosan változnak a Földön, az egyes folyószakaszok vízjárása is területileg differenciált, térben és időben változó folyamat. A vízjárást meghatározó tényezőket számos természetes jelenség és mesterséges beavatkozás alakítja, amelyek időbeli változása magával hozhatja a vízjárástípusok és a stabilitás módosulását is. Így ezek a mutatók (pl.: a vízjárás típusának módosulása, a stabilitás növekedése, vagy csökkenése) a klímaváltozásnak is jó indikátorai lehetnek.

A *Duna* nemzetközi folyam. Ennek megfelelően vízgyűjtőjén az egyes földrajzi régióknak és formáknak minden nép nyelvén más-más elnevezése ismeretes, ami elkerülhetetlenné teszi az egységes nevezéktan kialakítását. Ebben az esetben a dolgozatot két részre lehet bontani: a folytonos szöveggel írottakra és a mellékletek táblázataira.

A szöveges fejezetekben – ahol ez lehetséges – igyekeztem az adott földrajzi objektum általánosan elfogadott magyar nyelvű elnevezését használni. Különösen igaz ez azokra a területekre, amelyek egykor a történelmi Magyarországon helyezkedtek el, így természetesen rendelkeznek hivatalos magyar elnevezéssel. A földrajzi nevek pontos meghatározására a mellékletben szereplő tematikus térképeken kívül a Cartographia Világatlasz 2002-es kiadását (PAPP-VÁRY Á. 2002), a Magyarország atlaszának 1999-es kiadását (PAPP-VÁRY Á. 1999), az 1914-ben készült Magyarország közigazgatási atlaszának 2000-ben kiadott reprint változatát (ZENTAI L. 2000), illetve a Regionális természetföldrajzi atlaszt (GÁBRIS GY. 1998) használtam fel.

Az értekezésben kizárólag saját készítésű fényképek kerülnek bemutatásra.

A mellékletek táblázataiban a vízfolyások és a mérőállomások elnevezései abban a formában szerepelnek, ahogyan az adott országból azok megérkeztek. Ezek sok esetben az adott ország nemzeti nyelvét jelentik, de néhol az eredeti elnevezések latin betűs, vagy angol nyelvű átíratai szerepelnek. A névanyagban való eligazodás megkönnyítése érdekében az értekezésben a szöveges részekre vonatkozó földrajzi névmutató is szerepel.

A vízjárástípusok és a vízjárás stabilitás térképi ábrázolásához az Amerikai Egyesült Államok Geológiai Szolgálat (USGS) által létrehozott Hydro1k modellt használtam, mint alaptérképet. Ez az egész Földet lefedő digitális domborzati modell 1 kilométeres felbontásával kontinentális léptékben teszi lehetővé a hidrológiai információk ábrázolását, feldolgozását és értékelését, így a Duna-vízgyűjtőre vonatkozó vizsgálati eredmények bemutatására is megfelelő. (USGS 2003)

Itt szeretném megköszönni témavezetőmnek, Dr. Nováky Bélának, Dr. Domokos Miklósnak, Szalay Miklósnak és Horoszné Gulyás Margitnak, illetve a VITUKI Kht.-nak az értekezés elkészítéséhez nyújtott segítséget. A dunai országok illetékes szakértőinek, illetve minden korábbi és jelenlegi munkatársamnak köszönöm a támogatást, hogy szakmai tanácsaikkal, útmutatásukkal munkámhoz megfelelő háttérrel biztosítottak.

2. A Duna vízgyűjtőterületének általános leírása

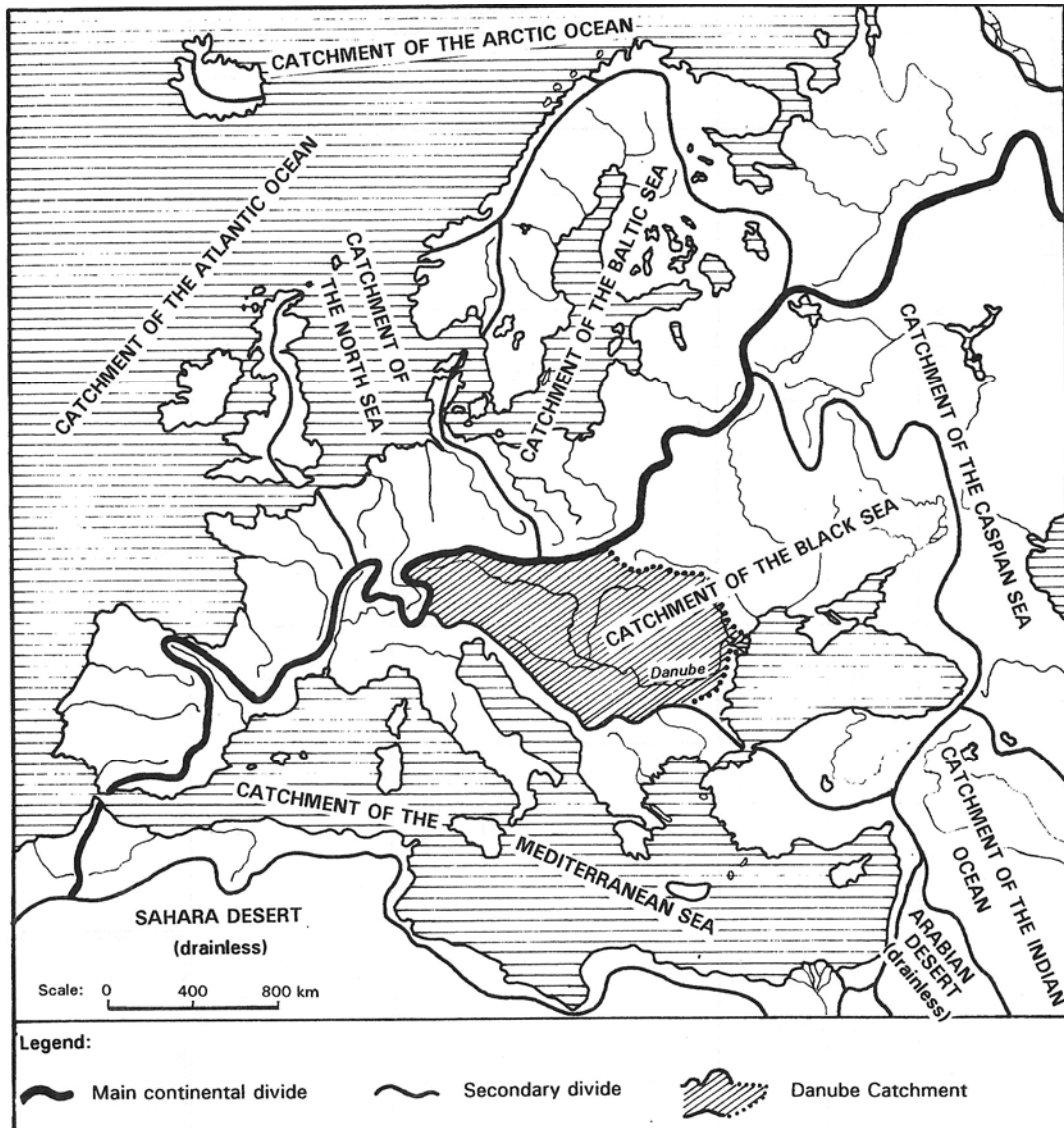
Európa vízhálózata földtörténeti értelemben véve rendkívül fiatal, mivel a mai folyóhálózat csak a jégtaakaró visszahúzódása és az Eurázsiai-hegységrendszer itteni tagjainak kiemelkedése után alakulhatott ki. Ha a világ legnagyobb tavát, a *Kaszpit* is tengernek vesszük, akkor Európa hét tenger felé bocsát ki vizeket, de folyói mind hosszúságuk és vízgyűjtő területük, mind pedig vízhozamuk tekintetében – Ausztrália kivételével – elég jelentősen elmaradnak a többi földrésztől. A közepes nagyágú folyók kontinensén csak egyetlen vízfolyás, a *Volga* hosszabb 3000 km-nél, és csak négy haladja meg a 2000 km-t (*Duna*, *Ural*, *Dnyeper*, *Káma*). Utóbbiak közül is csak a kutatás tárgyát képező *Duna* nem a Kelet-Európai-síkvidék vízfolyása. (NEMERKÉNYI A.–GÁBRIS GY. 2007)



2. kép: A Bécsei-medencében kanyargó Duna látképe a Hainburg melletti Braunsberggről

A *Duna* folyó, amely 2857 km hosszúságban szeli át Közép- és Délkelet-Európát (2. kép), 6857 m³/s-os sokévi közepes vízhozamával Földünk 21. leghosszabb vízfolyása, Európában pedig a *Volga* után a második helyen áll. 817 000 km²-es

vízgyűjtő területe¹ – ahogy az 1. ábrán is látható – a Gibraltár és az Urál-hegység között húzódó fő kontinentális vízválasztó vonaltól (main continental divide) délre, annak a Rajna és a Dnyeper folyók forrásvidékei közé eső középső sávjában helyezkedik el (NEPPEL F. 1999).



1. ábra: A Duna vízgyűjtőterületének földrajzi elhelyezkedése az európai kontinensen (NEPPEL F. 1999)

¹ A dolgozat elkészítése során a Duna vízgyűjtőterületének méretére vonatkozóan több adattal is találkoztam. Az 1986-ban készült Duna Monográfia a munkában résztvevő államok saját közlése alapján 817 000 km²-t ad meg (RZD 1986), mely értéket aztán számos egyéb kiadvány is felhasznál (pl.: Magyarország atlasza 1999, GÁBRIS GY. (szerk.) 2007: Európa regionális földrajza 1. Természetföldrajz). Ezzel szemben a Nemzetközi Duna-védelmi Bizottság (ICPDR) által 2004-ben az Európai Unió Víz Keretirányelve számára készített tanulmányában térinformatikai módszerekkel ugyanerre a területre 801 463 km²-t határoz meg (ICPDR 2005). A dolgozatban, mivel az nagyrészt a Duna Monográfia részét képező pótköteten alapszik (KOVÁCS P. 2006a), minden esetben a korábban számított, nagyobb kiterjedést mutató értéket használtam fel.

2.1. A Duna-vízgyűjtő országai és a Duna-menti országok hidrológiai együttműködése

2.1.1. A Duna-vízgyűjtő országai

A Duna 817 000 km²-es vízgyűjtője jelenleg összesen 20 ország területét érinti, amellyel a világ nagy folyói között valószínűleg az első helyen áll. Ennek köszönhetően a Duna és mellékfolyói változatos, sokszínű és soknemzetiségű vidékek között teremtenek közvetlen kapcsolatot.

A Duna vízgyűjtőjében a történelem során számos államalakulat létezett, de ha csak az utóbbi fél évszázadot vizsgáljuk, akkor is sokszínű, és időben meglehetősen változatos képet alkothatunk a terület államairól. Az 1950-es évek második felében a *Duna* vízgyűjtőterületéből összesen 12 ország részesedett. Németország (NSZK), Ausztria, Csehszlovákia, Magyarország, Jugoszlávia, Románia, Bulgária és a Szovjetunió rendelkeztek nagy területi részesedéssel, míg Svájc, Olaszország, Lengyelország és Albánia alkották a kis területi részesedésű államok csoportját. Ez az állapot egészen az 1980-as évek végéig állt fenn, amikor meglehetősen nagy horderejű politikai és társadalmi változások kezdődtek a régióban.

A korábban létező államszövetségek (Csehszlovákia, Jugoszlávia, Szovjetunió) felbomlásának köszönhetően jó néhány, korábban nem létező, vagy csak rövid ideig fennálló ország vált függetlenné, másfélszeresére növelve a Duna-vízgyűjtő országainak létszámát. A Duna-vízgyűjtő országainak 2005. évi adatait a *1. táblázat* mutatja be. Ekkor 13 nagy területi részesedéssel rendelkező dunai ország volt, míg 5 „periférikus” állam csak kis részt birtokolt a *Duna* vízgyűjtőjéből (*1. melléklet*). (KOVÁCS P. 2006a)

Hogy a fentebb vázolt folyamatok napjainkban is jelen vannak, mi sem bizonyítja jobban, mint a Föld két „legfiatalabb” országának megalakulása. Montenegró lakossága 2006. tavaszán határozott úgy, hogy elszakadnak Szerbiától, míg Koszovó lakói 2008. februárjában döntöttek hasonlóképp. Így jelenleg 20 ország részesül a *Duna* vízgyűjtőjéből. Mivel a vizsgálathoz szükséges adatok beszerzése idején Koszovó és Montenegró még nem alkotott önálló államot, a dolgozatban minden, az újonnan alakult országok területére érvényes megállapítás Szerbia és Montenegró neve alatt kerül bemutatásra.

1. táblázat: A Duna-vízgyűjtő országai 2005-ben (KOVÁCS P. 2006a)

No.	Az ország		Terület (1000 km ²)		Részesedés		Népesség		
	jele	neve	összesen	a vízgyűjtőn belül	az ország a vízgyűjtőből	a vízgyűjtő az országból	összesen (10 ⁶)	ebből a vízgyűjtőn	
					%			(10 ⁶)	%
„Dunai országok” (jelentős területi részesedéssel), kb. hidrográfiai sorrendben									
1.	D	Németország	357,0	59,6	7,30	16,8	82,1	9,1	11,1
2.	A	Ausztria	83,9	80,7	9,88	96,4	8,1	7,7	9,4
3.	CZ	Csehország	78,9	24,5	3,00	31,1	10,3	2,8	2,5
4.	SK	Szlovákia	49,0	48,5	5,94	99,0	5,4	5,2	6,4
5.	H	Magyarország	93,0	93,0	11,39	100,0	10,0	10,0	12,2
6.	SLO	Szlovénia	20,3	18,0	2,19	88,8	2,0	1,7	2,1
7.	HR	Horvátország	56,6	35,4	4,33	62,5	4,8	3,2	3,8
8.	BIH	Bosznia és Hercegovina	51,1	38,3	4,66	74,9	3,8	2,9	3,5
9.	SCG	Szerbia és Montenegró	102,2	91,4	11,19	90,0	10,4	9,0	11
10.	RO	Románia	237,5	232,2	28,43	97,6	22,6	22,6	27,6
11.	BG	Bulgária	110,9	48,2	5,90	43,6	8,3	3,9	4,8
12.	MD	Moldova	33,7	12,0	1,46	35,6	4,3	1,1	1,2
13.	UA	Ukrajna	603,7	32,5	3,96	5,4	50,9	3,1	3,7
„Periférikus országok” (csekély területi részesedéssel)									
14.	CH	Svájc	41,3	1,8	0,22	4,4	6,7	0,3	0,4
15.	I	Olaszország	301,3	0,5	0,06	0,2	57,5	0,1	0,1
16.	PL	Lengyelország	312,7	0,3	0,03	0,1	37,8	0,04	
17.	AL	Albánia	28,7	0,1	0,01	0,01	3,2		
18.	MK	Macedónia	25,7	0,4	0,05	0,2	2,1		
1-18. A Duna vízgyűjtője összesen				817,0	100,00			82,74	100,0

2.1.2. A Duna menti országok hidrológiai együttműködése

A Duna és vízgyűjtője nemcsak földrajzi értelemben szeli át Európát, hanem hagyományosan jelentős történelmi és politikai kapcsolatrendszert képez annak nyugati és keleti régiói között.

A folyó országokat összekapcsoló szerepének különösen a második világháború befejeződése óta eltelt több mint fél évszázados időszakban volt nagy jelentősége, hiszen az 1950-es évektől kezdődően itt nagyon is kézzelfoghatóan határolódott el egymástól a két nagyhatalom által képviselt politikai világrend. Egy-egy nagyobb földrajzi régióban a fenntartható fejlődés érdekében szükséges teendők hatékonyan csak a régió egészét jellemző természeti és társadalmi viszonyok, illetve elvárások ismeretében, a régiót átszelő politikai határoktól függetlenül tervezhetők meg. Így tehát az 1970-es évek első felében – a vasfüggöny fizikai korlátozásai ellenére – a dunai

országok kutatóiban jogosan merült fel az igény egy, az egész Duna-vízgyűjtőt átfogó tudományos együttműködés létrehozására (DOMOKOS M. 2001, KOVÁCS P. 2006a).

Az akkori politikai viszonyok miatt kissé bonyolult előzmények után végül a 8 együttműködő ország (az NSZK, Ausztria, Csehszlovákia, Magyarország, Jugoszlávia, Románia, Bulgária és a Szovjetunió) hidrológusai 1974-ben „A Duna-medence hidrológiai monográfiája” című kiadvány elkészítését tűzték ki célul. A három fő fejezetből (természetföldrajzi és vízgazdálkodási jellemzés, vízjárás, vízmérleg) álló Duna Monográfia 1986-ra készült el, és jelent meg először német, később orosz nyelven (DOMOKOS M. 2001).

1987-ben az együttműködésben résztvevő országok képviselői Budapesten tartottak értekezletet, amelyen döntöttek a korábban megkezdett és sikeresen működő kooperáció további folytatásáról. Immáron egységesen, az UNESCO Nemzetközi Hidrológiai Programja (IHP) keretein belül az volt a cél, hogy a Monográfiából időlegesen kimaradt, vagy a tudományos fejlődés előrehaladtával korszerűsíteni kívánt részeket folyamatosan kidolgozzák, bővítsék. Így aztán napjainkig a Duna-monográfiának 12 pótkötete jelent meg, míg további 4 a készülség különböző szakaszaiban van. Jelen kutatás eredményei a Duna Monográfia XI. pótkötetként láttak napvilágot 2006-ban.

2.2. A Duna vízjárásának általános jellemzése

A folyók vízjárása, tehát a vízhozam éves ingadozása főként a rövidtávon változó éghajlati tényezőktől, elsősorban a csapadéktól függ. Az árvíz és a kisvíz közötti legkisebb különbséget az egyenletes csapadékeloszlású területeken találjuk. Ilyen évi egy téli árvízzel jellemezhető területek kontinensünkön az Atlanti-óceán közelében fordulnak elő. Az óceántól kelet felé távolodva a csapadék előfordulása egyre inkább évszakos jelleget ölt, ezért a folyók vízjárása is egyre szélsőségesebbé válik. Északkelet-Európában akár több százszoros is lehet a kisvíz és a nagyvíz hozama közötti különbség. A kontinentalitás növekedésével együtt jár az évi két árvíz megjelenése: az egyik a (kora) tavaszi, amely a hóolvadáshoz kötődik, a másik a nyári, amely az esőzésekhez kapcsolódik. Dél-Európában a mediterrán éghajlat rendkívül szélsőséges vízjárást kialakító hatása érvényesül, mely a kisebb vízfolyások nyári teljes

kiszáradásától az ősz végén hirtelen megjelenő, sokszor katasztrofális árvizekig terjed. (NEMERKÉNYI A.–GÁBRIS GY. 2007)

A *Duna* vízgyűjtőterülete a kontinens középső régiójában, a fenti három klímaterület ütközőzónájában helyezkedik el. Ennek megfelelően a terület folyóinak nagyvizei általában évente kétszer jelentkeznek: kora tavasszal, az alpi és kárpáti hóolvadás eredményeként, illetve nyár elején (zöldár), amely a kora nyári csapadékmaximumokkal van összefüggésben. A délebbi területeken mediterrán hatásra októberben is levonulhat egy kisebb árhullám.

A *Duna* vízjárása a februártól júliusig tartó időszakban a legkritikusabb. Ekkor ugyanis éppen úgy lehet számítani arra, hogy a vízgyűjtőn felhalmozódott hónennyiség egy korai felmelegedés, esetleg felmelegedés és esőzés hatására elolvadva árvizet okoz, mint arra, hogy veszélyes helyzetek állnak elő a tavaszi esőzések, a magas és tartós zöldár miatt. Látható, hogy a főfolyó nagyvizeinek előfordulását számos, meglehetősen összetett tényező határozza meg, amely miatt a *Dunán* az év bármely szakában jelentkezhetnek akár extrém nagyvizes időszakok is.



3. kép: A Pers-gleccser felső szakasza az Inn forrásvidékén

A *Duna* vízjárására jellemző, hogy a csapadékban szegényebb, nyár végi, kora őszi kisvizes időszakokban a vízhozam nagy részben az *Inn* vízgyűjtőjében és az Alpok osztrák területein található gleccserek olvadékvizeiből származik (3. kép). Ez a táplálási forma a vízjárás éven belüli részleges kiegyenlítődését okozza: évszázados viszonylatban a *Duna* kisvizei inkább az olvadásmentes január-februárban, kevésbé a

nyár végi, őszi időszakban jelentkeznek. Jelenleg az Alpokban a gleccserek fokozatos visszahúzódása tapasztalható. Az utóbbi fél évszázadban egyre intenzívebbé váló folyamatnak köszönhetően jelentősen csökkent a vízrendszer felső szakaszán a sokéves hóval és jéggel borított területek kiterjedése, így a nyár végi, őszi eleji olvadékhóhozam is egyre kevesebb lett. Valószínűleg ennek a jelenségnek is köszönhetőek az utóbbi évek kiemelkedően alacsony augusztus-novemberi vízhozam értékei. (NOVÁKY B. 2006)

2.3. A vízjárást meghatározó tényezők alakulása a Duna vízgyűjtőjében

A vízjárás az idő minden – napi, havi, évszakos, évi, évtizedes és évszázados – léptékében követi az időjárás és az éghajlat alakulását, mindennek előtt a csapadék- és hőmérsékleti viszonyok változásait. Ez a követés csak késleltetett, mértéke vízgyűjtőnként eltérő és összefügg az adott területnek a csapadék összegyűlekezését szabályozó egyéb adottságaival (pl.: domborzat, geológiai fedettség, talajviszonyok, növényborítás). Kisebb vízgyűjtőben és felszíni összegyűlekezésnél a késleltetés is kisebb, a csapadékhullást követően gyorsan kialakuló árhullám a csapadék megszűntével gyorsan levonul. Nagyobb kiterjedésű vízgyűjtőkben az összegyűlekezés felszín alatti hányadának, illetve a vízfolyások hosszának növekedésével a késleltetés mértéke is megnő. Ilyen módon a lefolyás késleltetése, időbeli elnyújtása a vízgyűjtő egyfajta tározó hatásának is tekinthető, melynek mértékét alapvetően a terület földrajzi adottságai határozzák meg (NOVÁKY B. 2006).

Egy adott területnek térben és időben, mennyiségben és minőségben változó vízkészletét a vízháztartási (hidrológiai) mérleg mutatja meg, ezért a Duna-vízgyűjtő vízmérlege – Európa és Magyarország vízmérlegével együtt – a 2. táblázatban található.

2. táblázat: Európa, a Duna-vízgyűjtő és Magyarország vízháztartási mérlege
(STELCZER K. 2000)

Terület		Csapadék	Párolgás	Lefolyás	Sokévi lefolyási tényező
neve	kiterjedése	P	ET	R	$\alpha_{m,aa}$
	ezer km ²	mm			-
Európa	9 677	600	360	240	0,40
Duna-vízgyűjtő	817	816	537	264	0,32
Magyarország	93	620	530	90	0,15

A vízfolyásban a csapadéknak egy adott mederszakaszig eljutó hányada, amit a lefolyási tényező fejez ki, számos körülménytől függ. A meghatározó tényezők egy része viszonylag stabil, mások viszont időben jelentősen változnak, ezért fontos az adott vízgyűjtőterületre ható folyamatok részletesebb ismerete. A felszíni lefolyást és a vízjárást befolyásoló tényezők a következő csoportokba sorolhatók (SZABÓ J. 1998):

- morfológiai tényezők,
- földtani tényezők,
- éghajlati tényezők,
- biogeográfiai tényezők,
- társadalmi tényezők.

A fejezet célja a fenti tényezők – a *Duna* vízgyűjtőterületére – jellemző tulajdonságainak, illetve azok időbeli változásainak bemutatása, különös tekintettel a XX. század második felének folyamataira.

2.3.1. A *Duna*-vízgyűjtő általános földrajzi jellemzése

A *Duna* vízgyűjtőterülete nagyjából Európa közepén helyezkedik el. A Fekete-erdőben található forrásai a k. h. 8°09'-n fekszenek, míg Fekete-tengeri torkolatvidéke már Délkelet-Európában, a k. h. 29°05'-n helyezkedik el. Vízválasztójának legészakibb pontja, a *Morva* folyó forrásvidéke, az é. sz. 50°15'-n van, míg a legdélebbi területek az é. sz. 42°05'-n, a Rila-hegységben, az *Iszker* eredeténél találhatók (2. melléklet). A vízgyűjtő nyugat-keleti irányú kiterjedése 1 630 km, míg vízválasztó vonalának hossza 6 320 km. Ez utóbbi domborzati viszonyai meglehetősen egyenetlenek: míg a déli területeken 4 049 m magasra kapaszkodik fel (Piz Bernina, Bernina) a vízválasztó, az északi vidékeken 2 496 méteren éri el legmagasabb pontját (Kriván, Magas-Tátra). A *Duna* vízgyűjtőjének átlagos tengerszint feletti magassága 475 m (NEPPEL F. 1999).

2.3.1.1. A vízgyűjtő hidrográfiai viszonyai

2.3.1.1.1. Vízfolyások

A *Duna* vízgyűjtője egészében tekintve nagyjából szimmetrikus képet mutat: a terület 44%-a a főfolyó jobb oldalán, 56%-a a baloldalán helyezkedik el. Ezzel szemben

a folyó mentén a forrástól a torkolat felé haladva mind a domborzati, mind pedig a geológiai viszonyokban jelentős aszimmetria figyelhető meg. A vízgyűjtő terület jelenlegi folyóhálózatát a 2. melléklet térképe mutatja be, míg a fontosabb mellékfolyók adatai a 3. táblázatban láthatók. Összességében a *Dunának* 11 jelentős jobboldali és 13 fontosabb baloldali mellékfolyója van, mégis a *Duna* összes vízhozamából a jobb parti mellékvizeknek nagyjából kétszer nagyobb (66%) a részesedése, mint a bal partiaknak (34%) (STANCÍK, A.–JOVANOVIĆ, S. 1989).

3. táblázat: A Duna jelentősebb mellékfolyóinak fontosabb adatai (RzD 1986)

Folyó	Dunai torkolat (fkm)	Mellékfolyó beérkezési iránya	Vízfolyás hossza (km)	Vízgyűjtő-területe (km ²)	Sokévi átlagos vízhozam-bevétel a részvízgyűjtőről (m ³ /s)
Duna (a forrástól a Lech torkolatáig)			360	15 654	184
Lech	2 497	jobboldali	254	4 398	107
Naab	2 385	baloldali	191	5 645	52
Isar	2 282	jobboldali	283	8 369	163
Inn	2 225	jobboldali	515	26 976	742
Enns	2 112	jobboldali	349	5 940	191
Morva	1 880	baloldali	329	27 633	124
Rába	1 794*	jobboldali	283	14 702	61
Vág	1 766	baloldali	378	9 714	128
Nyitra	1 766**	baloldali	197	5 415	27
Garam	1 716	baloldali	284	5 251	48
Ipoly	1 708	baloldali	233	5 494	20
Sió	1 497	jobboldali	190	15 129	39
Dráva	1 384	jobboldali	707	41 810	577
Tisza	1 215	baloldali	966	158 182	888
Száva	1 171	jobboldali	940	94 778	1545
Morava	1 103	jobboldali	245	38 233	262
Zsíl	692	baloldali	331	10 731	95
Iszker	637	jobboldali	368	7 811	57
Olt	604	baloldali	670	24 810	184
Lom	496	jobboldali	93	3 380	7
Arges	432	baloldali	327	11 814	71
Jalomica	244	baloldali	400	10 305	48
Szeret	155	baloldali	726	45 420	226
Pрут	134	baloldali	960	28 954	88
Nem felsorolt kisebb mellékvizek a Lech torkolata és a Fekete-tenger között				190 452	923
Duna (a Fekete-tengeri torkolatánál)			2857	817 000	6857

* Mivel a *Rába* nem a *Duna* közvetlen mellékfolyója, ezért a szám a *Mosoni-Duna* torkolatát jelöli.

** Mivel a *Nyitra* nem a *Duna* közvetlen mellékfolyója, ezért a szám a *Vág* torkolatát jelöli.

A *Duna* vízrendszerét jellemző hidromorfológiai kép a következő: a domborzati és geológiai viszonyokra visszavezethető aszimmetrikusság. A *Duna* forrásaitól a

Dráva torkolatáig tartó folyószakaszon a jobboldali vízgyűjtő jelentősen nagyobb területű, mint a baloldali, mivel itt érik el a befogadót a nagy vízhozamú alpi mellékfolyók. A *Dráva* torkolata és a Vaskapu között, ahol betorkollik a *Duna* két legnagyobb mellékveze, a *Száva* és a *Tisza*, a vízgyűjtő oldaláránya többé-kevésbé szimmetrikus. Mindemellett a két nagy mellékfolyó vízgyűjtője meglehetősen aszimmetrikus képet mutat: a *Száva* jobb oldalon, míg a *Tisza* balról gyűjti nagyobb terület vizeit. A *Duna* Vaskapu alatti szakaszán a baloldali vízgyűjtőterület az uralkodó (NEPPEL F. 1999).

2.3.1.1.2. Tavak

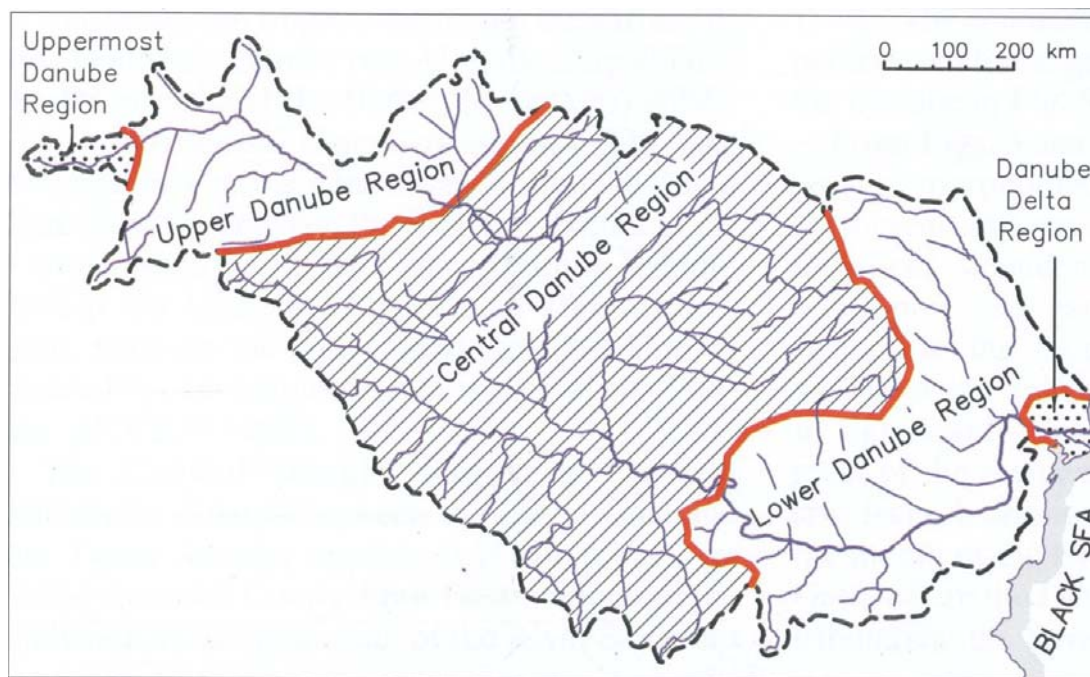
A *Duna* vízgyűjtőterülete természetesen nemcsak folyóvizekben, hanem tavakban is bővelkedik, amelyek egyes esetekben jelentősen befolyásolhatják egy-egy terület vízfolyásainak vízjárását.

A vízgyűjtő mozgalmas földtörténete során kialakult változatos domborzati és klimatikus viszonyoknak köszönhetően a területen szinte az összes genetikai tótipus képviselőjével találkozhatunk. A folyók vízjárását leginkább az antropogén hatásra kialakult állóvizek befolyásolhatják, melyek szintén nagy számban találhatók a vízgyűjtőn.

A Duna-vízgyűjtő legnagyobb kiterjedésű állóvizei a Kárpát-medence alföldi területein alakultak ki. A természetes tavak között közel 600 km²-es felületével a *Balaton* a legnagyobb, utána Eurázsia legnyugatibb fekvésű sztyeptava, a *Fertő-tó* következik több mint 300 km²-es kiterjedéssel. A vízgyűjtő legnagyobb kiterjedésű mesterséges állóvize a *Kiskörei-víztározó (Tisza-tó)*, amelynek felülete 127 km².

2.3.1.2. A Duna-vízgyűjtő földrajzi régióinak bemutatása

A területen található hegyvonulatok (az Alpok, a Kárpátok, a Dinaridák és a Balkán – 2. melléklet), ahogy az a 2. ábrán látható, több, egymástól jól elkülöníthető részre osztják a *Duna* vízgyűjtőjét.



2. ábra: A Duna vízgyűjtő földrajzi régiói (NEPPEL F. 1999)

A terület északnyugati része, a forrásvidék és a Dvényyi-kapu közötti térségben, a Felső-Duna vízgyűjtő (Upper Danube Region). Legfelső része, amely az Ulmig tartó, nem hajózható folyószakaszt foglalja magában, a Legfelső-Duna vízgyűjtő területe (Uppermost Danube Region).

A Középső-Duna vízgyűjtőt (Central Danube Region) a Dvényyi-kapu és az Alsó-Duna áttörés között elhelyezkedő részvízgyűjtő alkotja. A területet sok esetben Kárpát-medencének is nevezik, bár ilyenkor a *Száva* folyó vonalától délre eső területeket – részben politikai összefüggések miatt – nem tekintik ide tartozónak. Több tudományos vitát váltott ki a terület *Duna* menti, déli határának megjelölése, mivel tudományos körökben általában nemzeti hovatartozástól függően határozták azt meg. A dolgozatban a szerintem leginkább elfogadható Alsó-Duna áttörést, illetve a hazánkban általánosan ismert Vaskapu megnevezést használom.

Az Alsó-Duna vízgyűjtőt (Lower Danube Region), amelyen az Alsó-Duna áttörés és a Fekete-tengeri torkolat közötti területek értendők, nemzetközi tudományos körökben egyre gyakrabban Moesia-medenceként is ismerik. A terület további két részre osztható fel: a Vaskapu és Braila közötti, széles, teraszos völgyekkel tagolt vidék a Román-alföld, míg Braila alatt a Duna deltavidéke (Danube Delta Region) következik, amelyet néhol Tengeremelléki-Duna vízgyűjtőként is említene.

2.3.1.2.1. A Felső-Duna vízgyűjtő

A *Duna* vízgyűjtőjének ez a Dévényi-kapu (4. kép) felett elhelyezkedő része nagyjából 132 000 km² nagyságú, melynek legnagyobb részét a Keleti-Alpok hegyláncai borítják. A terület változatos földtani és domborzati felépítésének, illetve a jelentős mennyiségű csapadéknak köszönhetően az innen érkező lefolyás is bőséges. Ezáltal az itteni folyamatok jelentős hatással vannak nemcsak a felső, de a lejjebb fekvő középső – Kárpát-medencebeli – folyószakaszok vízjárási viszonyaira is.



4. kép: A Dévényi-vár romjai a Duna-parton

Ebben a régióban a *Duna* jelentősebb jobb parti mellékfolyói az Alpok láncai közé ékelődő, szerkezeti vonalak által kijelölt hosszanti völgyekben futnak, amelyek a hegység azonos tektonikai hatásra létrejött, de mégis eltérő anyag-összetételű (kristályos, mészkő, flis és homokkő) vonulatait jól lehatárolható részekre tagolják. A *Dráva* és *Száva* kivételével a főbb mellékvizek keresztvölgyekben törik át a hegyvonulatokat, megváltoztatva addigi folyásirányukat, így rövidebb úton érik el befogadjukat. Ez a jelenség különösen az *Iller*, *Lech*, *Isar*, *Inn*, *Salzach*, *Traun* és *Enns*

folyókra, illetve a *Mura* felső szakaszára jellemző (NEPPEL F. 1999, NEMERKÉNYI A. 2000).

A *Duna* útja során nem érinti az Alpok láncait, de jobboldali mellékfolyói által összegyűjti az onnan származó vizeket. Folyásiránya az egész Felső-Duna vízgyűjtőben nyugat-keleti, amely egészen a – már a Kárpát-medencében található – Dunakanyarig nem is változik meg. Az Alpok magas láncai között a legtöbb folyómeder bevágódó jelleget mutat, felső szakaszjellegű. A nagy magasságokban eredő jobb parti mellékfolyók nagy eséssel érik el a vízgyűjtő legmélyebb vonalán futó *Dunát*.

A Felső-Duna vízgyűjtő legjelentékenyebb *dunai* mellékvízfolyása a jobboldali *Inn*, amely közel 27 000 km²-es vízgyűjtőjén Duna-vízgyűjtő legmagasabban fekvő területeinek vizeit szedi össze. A területet nagyrészt vízzáró kristályos kőzetek borítják, az évi csapadékmennyiség pedig sokszor meghaladja az 1 600 mm-t. Ezért nem meglepő, hogy a *Dunán* Budapestnél átfolyó éves vízmennyiség egyharmada az *Inn* vízgyűjtőjéről származik. Más szavakkal *Inn*-nek döntő befolyása van a *Duna* vízjárására annak *Dráva*-torkolat feletti szakaszán.

A baloldali részvízgyűjtő a jobboldalihoz képest jelentősen kisebb kiterjedésű, alacsonyabb fekvéssel és kevesebb csapadékkal, ezáltal sokkal kisebb szerepet játszik a *Duna* vízjárásának meghatározásában. Emellett a jelentős csapadéktározó kapacitással rendelkező mészkőhegységek (Sváb- és Frank-Alb) hatásai is érvényesülnek. A terület egyetlen jelentősebb részvízgyűjtője a *Morva* folyóé, amely főként dombvidéki, kisebb csapadéku területek vizeit szállítja a *Dunába*.

A *Duna*, amely baloldali mellékvizeihez hasonlóan közepes magasságban ered, bár viszonylag kisebb esésű, mégis felső szakaszjellegűt mutat. A Felső-Duna esése – a szabályozások előtt – kb. 40 cm/km volt.

A Bécsi-medence felett fennálló felső szakaszjellegűt csak a néhány, az áttörésszerű szakaszok kijáratánál vagy a mellékvizek torkolatvidékén lerakott hordalékkúp tarkítja. Az ilyen felhalmozódási területek, mellékágrendszerek napjainkra nagyrészt már a duzzasztások áldozatává váltak. A mellékfolyók, mint például az *Inn* vagy az *Enns*, általában közép-szakaszjellegű vízfolyásként, meanderezve érik el a *Dunát*, mivel a hegylábfelszíneken lerakják a magasabb területekről hozott hordalékuk egy részét (NEPPEL F. 1999).

2.3.1.2.2. A Középső-Duna vízgyűjtő

A közel 445 000 km² területű Középső-Duna vízgyűjtő – más néven a Kárpát-medence – tehát a Dévényi-kapu és a Vaskapu közötti térségben helyezkedik el. Pannon-medence-rendszernek is nevezhető, mivel területe nem képez egységes medencefelszínt, hanem inkább kisebb hegyvonulatokkal tagolt medencék sorozatának tekinthető. Míg a Felső-Duna vízgyűjtőben egységes, nyugat-keleti lejtésirányról beszélhetünk, a Középső-Duna vízgyűjtője inkább egy amfiteátrumra emlékeztet: középen terül el a legmélyebben fekvő Alföld, míg a hegységkeret felé lépcsőzetesen emelkedik a kisebb medencékkel tagolt vidék. Jóllehet a hegyvidéki területek kiterjedése jelentős (a Kárpátok 1 500 km hosszúságban húzódik Dévény és az Al-Duna között), nagyobb magasságot csak a vízzáró, kristályos felépítésű részek érnek el (a Duna-vízgyűjtőben: Kriván 2 496 m, Bucsecs 2 511 m). A medence-belseji vonulatok többnyire közepesen vízzárók, míg a hegységközi medencék üledékes aljzata jelentékeny víztározó-kapacitással bír (NEPPEL F. 1999, PASOI, I. 2004).

A domborzati viszonyoknak és a kontinentális éghajlatnak köszönhetően a Középső-Duna vízgyűjtőnek a *Duna* vízhozamához való hozzájárulása viszonylag szerénynek nevezhető. Viszont itt érkezik be három nagy mellékfolyója a *Dráva*, a *Tisza* és a *Száva*.

Az Alpok láncai között eredő *Dráva* vízhálózata felső szakaszán jellegzetesen aszimmetrikus: főként bal parti mellékvizei vannak. Alsó szakaszán viszonylag csekély számú, szimmetrikusan elhelyezkedő mellékvizet fogad be.

A *Duna* legnagyobb vízgyűjtő-területű mellékfolyója a *Tisza* (158 000 km²). A Kárpát-medence keleti részéből, Erdélyből gyűjti össze a vizeket és a terület déli szegletében éri el a *Dunát* (5. kép).

A *Száva*, amely a legnagyobb mennyiségű vizet szállítja a *Dunába* a mellékfolyók közül (3. táblázat), a terület déli részének vizeit szedi össze és jellegzetes, aszimmetrikus vízgyűjtővel rendelkezik: jelentősebb mellékfolyó szinte kizárólag csak jobbról torkollik bele. Vízhozamának nagy részét a Dinári-hegyvidéken eredő, dél felől érkező mellékfolyói szállítják.

A nagyobb déli mellékvízfolyások, a *Száva* és a *Morava* hidrológiai viszonyai átmenetet képeznek az alpi és a Kárpát-medence belső területeire jellemző tulajdonságok között, és minkét esetben számolni kell mediterrán hatással is. Jelentős szerepe van még a csapadékmennyiség nyugatról kelet felé való csökkenésének.



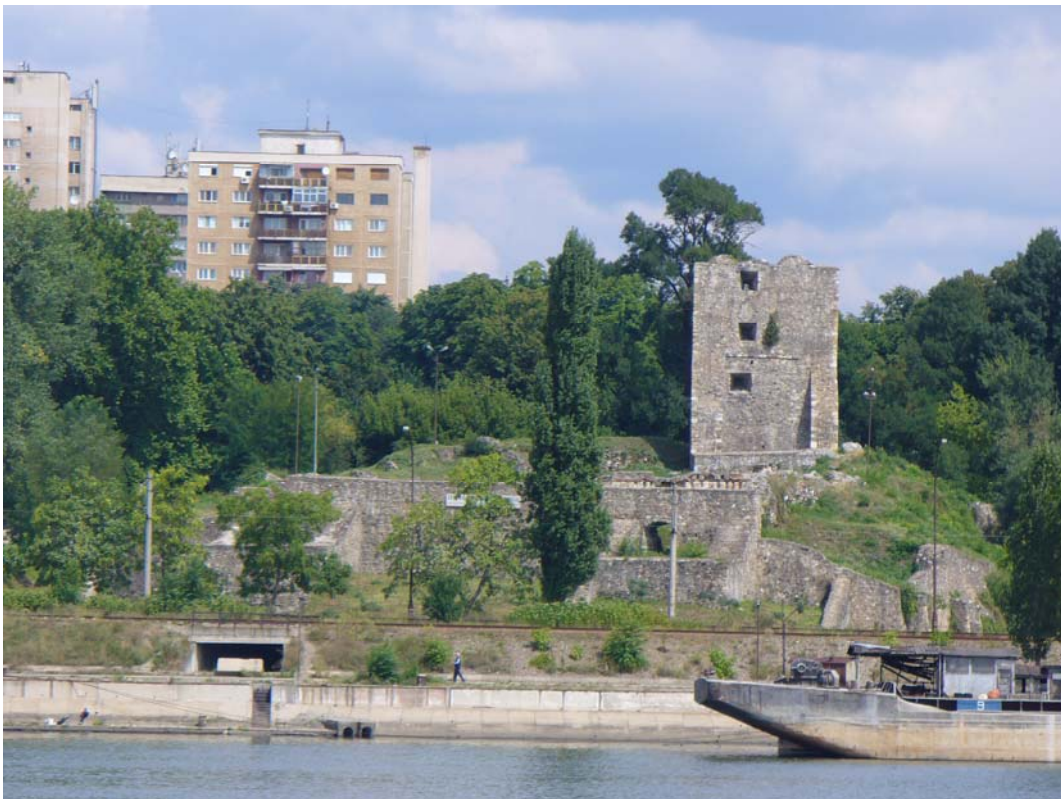
5. kép: A Tisza torkolata Titelnél

A Középső-Duna vízgyűjtőben sokkal változatosabb felszínnel találkozunk, mint a felső szakaszon, amely tükröződik a mederviszonyok időbeli és térbeli változatosságában is. Ennek megfelelően nagy különbségek és gyakori ismétlődések figyelhetők meg a vízfolyások szakaszjellegeiben. A ma is folyamatosan emelkedő hegységkeret láncai között a legtöbb folyó bevágódik, mélyíti völgyét, függetlenül attól, hogy vonulatok közötti hosszanti, vagy a meredek falú keresztvölgyekben talál utat magának. A hegyek közül kilépő folyók majd mindegyike – a hirtelen eséstörésnek köszönhetően – hordalékkúpot és mellékágrendszereket épít az alacsonyabb térszínen. A *Duna* legnagyobb kiterjedésű mellékágrendszere – a Szigetköz és a Csallóköz – a Pozsony és Komárom közötti folyószakaszon figyelhető meg. Hasonló jelenségek figyelhetők meg a mellékfolyók esetében is, bár néhol – pl.: *Tisza*, *Szamos*, *Körösök* – a hegyvidékről szállított hordalék nagy része az idők során „eltűnt” az Alföld peremi süllyedékeiben.

A hordalékkúpok vidékét elhagyva a vízfolyások közép-szakaszjellegűvé, kanyargóssá válnak. A *Duna* esése az Északi-Kárpátok belső vulkáni vonulatának felső szakaszjellegű áttörése (Dunakanyar) után lecsökken, a Budapest és Belgrád közötti szakaszon átlagosan 4 cm/km, meanderező-bevágódó mederrel. A XIX. század folyószabályozási tevékenységének következtében napjainkban ez a folyamatosan

mélyülő medertípus jellemzi a legtöbb Kárpát-medencebeli vízfolyást. Csak néhány folyó (pl.: *Szamos*, *Sajó*, *Hernád*, *Temes*) és néhány folyószakasz (pl.: a *Duna* Szap és Komárom között, a *Tisza* Nagyszőlős és Vásárosnamény között, vagy a *Dráva* Barcs alatt) van, ahol folyamatos feltöltődés figyelhető meg. A medence belsejében a *Tisza* és mellékfolyói – napjainkban már jórészt szabályozott keretek között – szabadon meandereznek.

A Belgrád alatt a *Duna* kanyarogva tölti fel medrét, majd pedig a Déli-Kárpátok vonulatait elérve áthalad legjelentősebb, egyben leglátványosabb áttöréses szakaszán. Azért is fontos ez a szakasz, mert a Kárpát-medence lefolyása döntően ezen az egy ponton távozik el. Orsovánál a folyó természetes esése 16 cm/km, amely a Szörényvárig (6. kép) tartó szakaszon (Alsó-Duna áttörés) egészen 41 cm/km értékig emelkedik. Ez utóbbinak köszönhető a területre jellemző nagy medermélyítő tevékenység, így a zuhatagi szakasz sziklazátonyai gyorsan változtatják pozíciójukat. Ezek a viszonyok természetesen csak a Vaskapu-duzzasztóművek megépüléséig, tehát a XX. század második feléig maradhattak fenn, azóta már itt is szabályozott keretek között történik a vízmozgás. (NEPPEL F. 1999)



6. kép: Szörény várának romjai Turnu Severinben

2.3.1.2.3. Az Alsó-Duna vízgyűjtő

Az eddig tárgyalt két felsőbb régiótól eltérően a több mint 230 000 km²-es Alsó-Duna vízgyűjtőt annak nyugati részén egymással párhuzamos hegyláncok határolják: északról a Déli-Kárpátok, míg délről a Balkán-hegység vonulatai. Ezért a legtöbb mellékfolyó – a lejtésviszonyokhoz igazodóan – konzekvens úton éri el a *Dunát*. A régió keleti részén viszont erőteljes aszimmetria mutatkozik: míg a déli oldal leszűkül, észak felé egészen a Keleti-Kárpátokig nyújtózik a vízgyűjtő. Ez utóbbi terület nincs hegyvonulatok közé szorítva, hanem a Moldvai-hátság nyugati lejtőin fekszik. Számos, a Keleti-Kárpátokban eredő folyó vizét gyűjti itt össze, és szállítja a *Dunába* a *Szeret* folyó (NEPPEL F. 1999, PASOI, I. 2004).

Az innen északkeletre található Ukrán-tábla (Podóliai-hátság) vízfolyásai – az ott felszínre bukkanó ősi kőzetek lejtésviszonyainak megfelelően – közvetlenül érik el a Fekete-tengert. Közülük csak a legnyugatibb, a *Prut* vize érkezik a *Dunába*, így az annak legkeletibb mellékfolyója.

A *Duna* déli mellékfolyói – a Rila-hegységből érkező *Iszker* kivételével – a Balkán-hegység északi lejtőin erednek. Mivel mind a vízgyűjtő területük, mind pedig a csapadék-bevétel meglehetősen korlátozott, ezek a vízfolyások viszonylag kevesebb vizet juttatnak a *Dunába*. A karsztos felépítésű Bolgár-tábla legkeletibb vízfolyásai csak nagyvízi időszakban szállítanak vizet a befogadó felé, máskor az alsó szakaszuk gyakran kiszárad.

Valamivel kedvezőbb helyzetben vannak a *Duna* baloldali mellékfolyói, amelyek a Déli-Kárpátok déli lejtőinek vizeit gyűjtik össze. Mivel a Moesia-medence és a kisebb, hegységközi medencék meglehetősen száraz éghajlatúak, az itteni folyók vízhozama is viszonylag mérsékelt. Az egyetlen kivétel a kissé bővízűbb *Olt*, amely a Kárpátok láncait áttörve Erdély délkeleti részének vizeit szállítja a *Dunába*. Egyben az *Olt* az egyetlen olyan dunai mellékvízfolyás, amely a Kárpát-medencében ered, de annak területén kívül éri el befogadóját. A Kárpátoktól keletre elhelyezkedő *Prut*-vízgyűjtő pedig inkább vizekben szegény terület jellemzőit mutatja (NEPPEL F. 1999, NEMERKÉNYI A.–NAGY B. 2007).

A *Duna* a Vaskapu elhagyása után közép-szakaszjellegűt vesz fel, szabadon meanderezik. Esése innen kezdődően folyamatosan csökken, Calarasi és Braila között már csak 2 cm/km. Homokzátonyokat, gázlókat létrehozva folyamatosan tölti fel medrét. Két nagy kiterjedésű szigetet (baltát) is kialakított a folyó ezen a szakaszon: a

délebbre fekvő 134 km hosszú, közel 800 km² kiterjedésű Balta Ialomitei a felső, a kicsivel nagyobb északabbi Balta Brailei (7. kép) pedig az alsó. Mindkettő lakatlan, szinte érintetlen növény és állatvilággal rendelkező árterület.



7. kép: Lovak a Duna parton a Balta Brailein

Braila alatt a *Duna* eléri végső szakaszát, Európa legnagyobb deltavidékét, amely kb. 6 000 km² kiterjedésű. Napjainkban három fő ágra bomlik a folyó: legdélebben a legidősebb *Szent-György-ág* húzódik, középen az erősen szabályozott, szinte egyenes *Sulinai-ág* fut, északról a *Kilijai-ág* keretezi a deltát. Területén a lebegtetett hordalék lerakódási viszonyait már a Fekete-tenger vizének mozgásai (árapály és hullámszáz) is jelentősen befolyásolják. A delta az egyes ágak torkolatánál ma is jelentősen terjeszkedik. (STANCÍK, A.–JOVANOVIĆ, S. 1989, NEPPEL F. 1999, NEMERKÉNYI A.–NAGY B. 2007).

2.3.2. A Duna-vízgyűjtő földtani felépítése

A Duna-vízgyűjtő területe nemcsak domborzatilag, hanem – ehhez kapcsolódóan – földtani viszonyait tekintve is változatos felépítésű. A vízjárás szempontjából a felszint borító rétegeket aszerint is meg kell vizsgálni, hogy mekkora a víznyelő képességük és a víztározó kapacitásuk, mivel a vízzáró, vagy nagyobb vízmennyiség

megtartására képes kőzettani formációk jelentősen befolyásolhatják egy-egy terület lefolyási viszonyait és vízjárását (késleltetés, kiegyenlítés). Korábbi vizsgálatok kimutatták, hogy a belső tározókéesség szempontjából a karsztvidékeknek van nagy jelentősége. Az elnyelt és a nagy tározási tényezőjű karsztban visszatartott víz késleltetett lefolyása kisimítja a véletlenszerű csapadékhullásból eredő egyenlőtlenségeket, ezáltal mind a nagyvízi, mind pedig a kisvízi szélsőségek bekövetkezése szabályszerűbbé válik. A karsztok a szélsőséges lefolyási helyzetek bekövetkezésének időpontját is késleltetik. A felszín alatti tározódás a kisebb áteresztő- és tározókéességű allúviumokban kisebb mértékű, az ilyen vízgyűjtőkön a karsztokhoz viszonyítva elsősorban a nagyvizek stabilitása kisebb. (NOVÁKY B.–SZALAY M. 2001)

A Duna-vízgyűjtő vízföldtani felépítése a 3. *melléklet* térképén látható. Az egyszerűsített hidrogeológiai térkép Európa Nemzetközi Hidrogeológiai Térképének érintett lapjai alapján készült.

A vízgyűjtőterület hegyvidékei természetesen jelentősen eltérő kőzetanyagból épülnek fel. Az északnyugati régió alacsonyabb vonulatait, mint a Fekete-erdő, a Bajor- és Cseh-erdő – kivéve a közbeékelődő, nagy víztartó kéességű jura mészkőből felépülő Sváb-Frank-lépcsővidéket – nagyrészt óidei kristályos, viszonylagosan vízzáró gránit és gneisz építi fel.

A gneisz, gránit és kristályos palák felbukkannak a Keleti-Alpok központi vonulatában is, ahol sokfelé találkozhatunk eljegesedett területekkel, gleccserekkel ma is. A Ráti-Alpok 3000 m körüli magasságot elérő éles kárgerincei között megbúvó tengerszemek egyikéből ered az *Inn*. Az Felső-Inn-völgy (Engadin) szemközti oldalán magasodik a jégárakkal övezett Bernina-csoport a Keleti-Alpok egyetlen 4000 m feletti csúcsával (Piz Bernina 4049 m – 8. *kép*). Ugyancsak itt húzódik a mintegy másfélszáz 3000 m-nél magasabb csúcsot számláló Ötz-völgyi-Alpok, amely az utóbbi években a jégből kiolvadt ősemleri maradványokról vált ismertté. Az Alpok legkiterjedtebb összefüggő óidei kőzetkibukkanása a Ziller-völgyi-Alpok és a Magas-Tauern vonulata. Területén az eljegesedett magashegységek sokszínű formakincsének teljes gyűjteménye feltárul. Gleccserei (pl.: Pasterzekees) a *Salzach* és a *Dráva* mellékvizeit táplálják (NEMERKÉNYI A. et al. 2007).

Ugyancsak nagy kiterjedésben fordulnak elő a kristályos kőzetek a Kárpátok területén. Az Északnyugati-Kárpátokban három vonulatot alkotnak: a belső vonulatba az *Ipoly* és a *Hernád* völgyei között húzódó, bonyolult felépítésű Gömör-Szepesi- (Szlovák)-érchegység tartozik, a középső vonulatnak tagja a Nagy-Fátra és az

Alacsony-Tátra is, míg a külső vonulat a Dévényi-kapunál emelkedő Kis-Kárpátoktól a Kis-Fátrán át a Magas-Tátraig húzódik. A Keleti-Kárpátok gerincét a Radnai-, a Gyergyói- és a Csíki-havasokon át húzódó kristályos vonulat alkotja, míg a Déli-Kárpátokat viszonylag egységesen metamorf kőzetek építik fel. Legmagasabbra kiemelt vonulatai a Fogarasi-havasok és a Retyezát, 2500 m feletti csúcsokkal (NEMERKÉNYI A.–MÓGA J. 2007).



8. kép: A Piz Bernina négyezer méter feletti hegycsúcsa

A Déli-Kárpátok felépítéséhez nagyon hasonló szerkezetű a Balkán-hegység legmagasabbra kiemelt középső vonulata (Sztara Planina 2376 m) is.

Nagy területeket borít a különböző jellegű harmadidőszaki üledékekből (homokkő, márga, stb.) álló, közepesen vízáteresztő flis-övezet, amely a Német-Előalpoktól (Bregenzi-erdő, Bécsi-erdő) a Kárpátok északi és keleti külső vonulatán (pl.: Erdős-Kárpátok, Nyugati- és Keleti-Beszkidék, Háromszéki-havasok) át egészen a Balkán-hegység északi területéig (Elő-Balkán) húzódik.

A földrészünk egyik leghosszabb hegységének számító Dinaridák vidékén a harmadidőszaki flis-takaró az óidei kristályos kőzetekkel és a középidői mészkővel mozaikosan helyezkedik el. Alacsonyabb, belső vonulatai (pl.: Zlatibor, Albán-Alpok) kristályos felépítésűek, míg legmagasabb területeit erősen karsztosodó kőzetek borítják (a Szlovéniától Montenegróig húzódó Magaskarszt legmagasabb vonulata a Durmitor).

A Kárpátok területén is található mészkőből felépülő szerkezeti egység, de nem összefüggő vonulatként, hanem inkább csak kisebb foltokban jelenik meg. Kiváló példák erre az Északnyugati-Kárpátok mészkőszirtjei (pl.: a trencsényi, vagy az árvai Várhegy), vagy a déli mészkőtakaró kiterjedt fennsíkjai (Pelsőci- és Szilicei-fennsík, Aggteleki-karszt), a Bükk-hegység, vagy a Keleti-Kárpátok szirtjei (pl.: Kis-Cohárd, Nagy-Hagymás, Egyes-kő). Ugyancsak karsztosodó kőzetek alkotják az Aldunai-hegyvidéket, melynek tagjai – a bal parti Orsovai- és Mehádiai-hegységek, illetve a jobb parti Miroč – között, a Kis- és Nagy-Kazán-szorosokon (9. kép) át tör magának utat a *Duna* a Román-alföld felé (NEMERKÉNYI A. 2000).



9. kép: A Kis-Kazán-szoros az Aldunán

Ugyancsak a jó víztartó tulajdonságú triász mészkő és dolomit építi fel az Északi-Mészkő-Alpok vonulatait, melyeket a Duna felé tartó vízfolyások szűk, áttöréses szurdokvölgyekkel osztanak részekre. Nyugati, legmagasabb tagja az Észak-Tiroli-Mészkő-Alpok. Vastag törmeléktakaróiból kárgerincekben végződő, karcsú, meredek falú sziklacsúcsok emelkednek 3000 m közeli magasságokba (pl.: Allgäui-Alpok 2658 m, Lech-völgyi-Alpok 3040 m, Kaisergebirge 2344 m). Itt található a Zugspitze 2963 m-es csúcsában tetőző Wetterstein, illetve a kárformáknak nevet adó Karwendel is. A középső, kevésbé tagolt Salzburgi-Mészkő-Alpokat magasra kiemelt, terjedelmes karsztfennsíkok jellemzik (pl.: Steinernes Meer 2655 m). A vonulat legmagasabb

egysége az északon és délen meredeken leszakadó Dachstein (3004 m), amely hat parányi gleccserével az Alpok legkeletibb jégárait foglalja magába. A mészkővonulat az Enns folyó felső szakaszától keletre az Osztrák-Mészkő-Alpok 2000 m-es magasságot már alig meghaladó hegységeiben ér véget (Enns-völgyi-Alpok 2369 m, Raxalpe 2007 m, Schneeberg 2076 m) (NEMERKÉNYI A. et al. 2007).

A Dráva-völgyéhez kapcsolható szerkezeti vonaltól délre fekvő Déli-Alpokban is találhatunk mészkőből felépülő vonulatokat (pl.: Gail-völgyi-Alpok, Júliai-Alpok), de a hegységben csak itt fordulnak elő vulkanikus kőzetek (pl.: a Pohorje területén).

Vulkanikus eredetű kőzeteket találunk a Kárpátoknak a medenceterület felé eső belső ívében is, mint például a Polyána, a Visegrádi-hegységtől a Mátraig húzódó belső vulkáni vonulat, a Vihorlát-Gutin vonulat, vagy a Kelemen-, a Görgényi-havasok és a Hargita.

Az előbbiekkal ellentétben, a sok esetben nagy területet elfoglaló depressziós zónák (Bajor-medence, Kis- és Nagy-Alföld, Román-alföld) meglehetősen egységes szerkezetet mutatnak. A medencék aljzatán és a folyóvölgyekben a felszín közelében negyedidőszaki, főként alluviális eredetű üledékekkel találkozunk, amelyeket a szabad ártereken eolikus eredetű üledékek (homok és lösz) tarkítanak. Némi változatosságot hoz a Kárpát-medence középső régiójában elhelyezkedő, középidői mészkőből felépülő Bakony és Mecsek-hegységek tömbje, illetve a harmadidőszaki vulkánosság (Balaton-felvidék) (BELZ, J.-U.–GODA L. 2004, NEMERKÉNYI A. 2000).

2.3.3. Éghajlati tényezők a Duna vízgyűjtőterületén

A Duna-vízgyűjtő nyugat-keleti irányban elnyújtott alakjának (a tengertől való távolság jelentős növekedésének), illetve a különböző domborzati sajátosságoknak köszönhetően, a területen változatos klimatikus viszonyokkal találkozhatunk (4. melléklet). Az Európa középső régiójában elhelyezkedő vidéken ennek megfelelően számos éghajlattípus hatása érvényesül: az észak-nyugati területeken, a Duna felső szakaszán nagy jelentőségűek az atlantikus hatások, míg a keleti területeken a kontinentális klíma az uralkodó. A felső és középső Duna-medencében, különösen a Dráva és a Száva vízgyűjtőjén, ezeken felül mediterrán hatások is jelen vannak. A földrajzi elhelyezkedésből fakadó klimatikus jellemzőket nagymértékben befolyásolják a vízgyűjtőt átszelő hegységrendszerek módosító hatásai, például a magassági és kitettségi viszonyok.

Általánosságban elmondható, hogy az egész területre jellemző atlanti és kontinentális hatások aránya a *Duna* folyása mentén fokozatosan változik. Az atlantikus légtömegek kelet felé haladva lassan veszítenek hatásukból, teret adva az egyre erősödő kontinentális befolyásnak. A kelet felé növekvő kontinentalitás egyik legjobb mérőszáma, hogy a leghidegebb és legmelegebb hónapok középhőmérsékleteinek különbségei az Atlanti-óceántól távolodva fokozatosan növekednek. Így a Felső-Duna vízgyűjtő 20-21 °C-os értékeitől eljutunk a Bukarest környékén jellemző 26 °C-os különbségig (STANCÍK, A.–JOVANOVIĆ, S. 1989).

A *Duna* vízgyűjtőterülete három klimatikus régióra osztható: a legnyugatibb Felső-Duna vidék viszonylag kiegyenlített, hűvösebb klímával, a Közép-dunai síkságok kontinentálisabb, forró nyarú és mérsékelt hideg telű éghajlattal, míg a Román-alföld területe forró nyárral és hideg téllal jellemezhető.

A klimatikus körülményeket alapvetően a sugárzási, a hőmérsékleti, a csapadék és a szélviszonyok, illetve a párolgás határozzák meg. A legfontosabb meteorológiai paraméterek, amelyek a vízjárást befolyásolhatják, a léghőmérsékleti- és csapadékviszonyok. A *Duna*-vízgyűjtőre vonatkozó legfontosabb értékek a 4. táblázatban láthatóak.

4. táblázat: A léghőmérséklet és a csapadék jellemző értékei a *Duna* vízgyűjtőterületén (KOVÁCS P. 2006a)

Terület	Átlagos léghőmérséklet				Sokévi átlagos csapadék		
			min.	max.	Terület	min.	max.
			°C			mm/év	
A teljes Duna-vízgyűjtő	évi		-6,2	12	A teljes Duna-vízgyűjtő	400	2300
Felső-Duna vízgyűjtő	január	síkvidék	-3	-0,8	Alpok	2000	felett
		hegyvidék	-13	-6	az Alpok előtere	700	1500
	július		17	20	Alpi völgyek és medencék	600	1000
Középső-Duna vízgyűjtő	január	síkvidék	-2	-0,3	Júliai-Alpok	2000	felett
		hegyvidék	-10 körül		Kárpátok	1000	1500
	július	síkvidék	20	23	Cseh-Morva-dombság, a Kárpátok előtere	600	1000
		hegyvidék	4	5	Közép-dunai síkvidék	550	800
Alsó-Duna vízgyűjtő	január	síkvidék	-3	-1,2	Román-alföld	500	600
		hegyvidék	-9	-8			
	július		22	24	Duna-delta	350	

2.3.3.1. Léghőmérséklet

A nyugat-keleti irányban elnyújtott Duna-vízgyűjtő alakjából fakadóan jellegzetes hőmérsékleti különbségek mutathatók ki a területen. Az átlagos évi középhőmérséklet viszonylag széles tartományban, $-6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ között változik. A legalacsonyabb értékeket a Magas-Tauern területén, 3100 m felett, a Sonnblick csúcson mérték, míg a legmagasabb értékek az Alföld északi részén, valamint a Fekete-tengeri partvidéken észlelhetők. A teljes vízgyűjtőt vizsgálva a július a legmelegebb, a január pedig a leghidegebb hónap. Az évi középhőmérsékletek regionális különbségeit a Duna-vízgyűjtő területén a 5. melléklet térképe ábrázolja (STANCÍK, A.–JOVANOVIĆ, S. 1989, BELZ, J.-U.–GODAL, 2004).

A **Felső-Duna vízgyűjtőben** a téli periódus általában decembertől februárig tart. Az átlagos januári középhőmérséklet a síkvidékeken $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, míg a hegységekben $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ között változik. Különösen hideg teleken a völgyekben akár $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ alá is mehet a hőmérséklet a magasnyomású légcseppeknek köszönhetően.

A meleg, nyári időszakok itt általában júniustól augusztusig tartanak. Az átlagos júliusi középhőmérséklet $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ fok körül alakul, míg a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os izoterma ekkor átlagosan 3 500 méteres magasságban húzódik. A függőleges hőmérsékleti gradiens nyáron $0,5\text{--}0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 100 méterenként, míg a téli időszakban $0,2\text{--}0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. A vertikális hőmérsékleti különbségek a gyakrabban előforduló inverziós helyzeteknek köszönhetően a hideg periódusban kisebbek, mint nyáron.

A **Középső-Duna vízgyűjtőben** az igazi tél általában csak másfél-két hónapig tart. Az átlagos januári középhőmérséklet az alföldeken $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ között alakul, a magasabban fekvő területeken viszont $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ környékén, de van, ahol ez alatti érték is előfordul. A minimális léghőmérsékletek elérhetik akár a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot is. A hegyvidékeken itt is gyakoriak a hőmérsékleti inverziók, főként a Kárpátok csúcsrégiói és az intermontán medencék viszonylatában.

A Duna középső szakaszán júliusban a középhőmérséklet az alacsonyabb vidékeken és a völgyekben $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ közé is emelkedhet, míg a hegyvidéki térszíneken csak $4\text{--}5\text{ }^{\circ}\text{C}$ körül alakul. A maximális hőmérséklet az alföldeken megközelítheti a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot is. A vertikális hőmérsékleti gradiens nyáron a Dinaridák területén $0,5\text{--}0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, a Kárpátokban $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, míg télen átlagosan csak $0,3\text{--}0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot ér el.

A téli időszak az **Alsó-Duna vízgyűjtőben** általában két héttel később kezdődik, mint a vízgyűjtő nyugati részén, tehát december második felétől általában február végéig tart. A januári átlagos középhőmérséklet $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ között ingadozik, míg a hegyvidékeken $-8\text{--} -9\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot is észlelhetnek. A minimális hőmérséklet akár $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ alá is süllyedhet.

A nyár május végétől szeptemberig tart, a maximális havi középhőmérsékletek pedig júliusban elérik a $22\text{--}24\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot is. A napi maximum hőmérséklet néhol akár $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ fölé is emelkedhet. A magas hőmérséklet, a kevés csapadék és légnedvesség a régióban gyakran hosszú szárazságokat okoz (STANCÍK, A.–JOVANOVIĆ, S. 1989).

2.3.3.2. Csapadék

A *Duna* vízjárását és a vízgyűjtő lefolyási jellemzőit legegyszerűbben a terület csapadékviszonyai határozzák meg. A csapadék legnagyobb része az atlanti és mediterrán régiókból érkező nedves légtömegekkel, illetve a nyugati szél öv frontálzónájának advektív folyamatai révén érkezik ide. Mivel a legtöbb csapadék nyugat felől éri el a vízgyűjtőt, a klíma kontinentális jellegének erősödésével a csapadék mennyisége is kelet felé fokozatosan csökken. Az olyan módosító tényezők, mint a domborzat, a tengerszint feletti magasság vagy a kitettség hatásai inkább csak kis területen, helyi jelleggel éreztetik hatásukat, lényegében nem befolyásolják az általános elrendeződést.

Az évi átlagos csapadékösszeg a *Duna* vízgyűjtőterületén a magashegységekben észlelt $2\text{ }300\text{ mm}$ -es és deltavidéken mért 350 mm -es értékek között változik. Az évi átlagos csapadékösszeg regionális különbségeit az 1961-1990 közötti időszakra vonatkozóan a terület 1863 észlelőállomásának adatai alapján a *6. melléklet* térképe mutatja be (BELZ, J.-U.–GODA L. 2004, HOLKO, L. et al. 2005).

A **Felső-Duna vízgyűjtő** csapadékeloszlása meglepően változatos képet mutat. A magasabb alpi területeken a csapadék mennyisége a $2\text{ }000\text{ mm}$ -t is meghaladja, a hegységperemi területek különlegesen csapadékgazdagok. Az Alpok területén és az északi peremhegyvidékeken az évi átlagos csapadékösszeg 100 méterenként körülbelül 50 mm -rel növekszik. További összetevő a hegységek térbeli hatása: a szélnek kitett lejtőkön megindul a csapadékhullás, és a magasabb régiókhoz közeledve fokozatosan növekszik. Ennek következtében az izohiéta vonalak jól követik, mintegy kirajzolják a magashegységek körvonalait.

Az Alpok északi előterének hegyláb felszínén a csapadék mennyisége a hegységperemi 1 500 mm-ről a *Duna* völgyéig 700 mm-re csökken. Körülbelül 1 500 mm csapadék hullik a *Duna* forrásvidékén, a Fekete-erdőben, illetve a Bajor- és Cseh-erdőben is. A köztes területek nagyjából átlagos mennyiségű csapadékot kapnak, 600 és 1 000 mm közötti értékekkel, a völgyek és medencék (pl.: a Naab-völgy vagy a Bécsi-medence) viszonylag szárazabbak a maguk 700 mm körüli csapadékaival. Az intermontán völgyek – pl.: az *Inn* felső szakasza – is a szárazabb vidékek közé tartoznak (STANCÍK, A.–JOVANOVIĆ, S. 1989)

A **Középső-Duna vízgyűjtőben** a legmagasabb évi átlagos csapadéértékek az alföldeket övező hegységkeret peremén fordulnak elő. A legnagyobb, 2 000 mm feletti csapadékmennyiségek a déli fekvésű, a nedves, meleg mediterrán légtömegeknek kitett hegyláncokon észlelhetők, mint a Júliai-Alpok és a Dinári-hegység. A Kárpátokban az átlagos csapadékmennyiség 1 000 és 1 500 mm között változik. A hegyvonulatok előterében és a hegyláb felszíneken a csapadék mennyisége 600 és 1 000 mm között mozog. A Kárpát-medencében 600-800 mm csapadék hullik évente, az Alföld nagy területein 550 mm, a Közép-Tiszavidéken pedig csak 500 mm csapadék észlelhető.

Az éghajlat szárazodása a *Dunán* lefelé haladva mind északi, mind keleti irányba egyre csak fokozódik. Az **Alsó-Duna vízgyűjtő** síkvidékein a csapadék mennyisége csak 500-600 mm, míg az egész vízgyűjtő legalacsonyabb csapadéértékeit a Duna-deltában mérték, évi 350 mm körül. Itt néhányszor már az is előfordult, hogy az egész nyári periódusban nem esett az eső. Az kevés csapadék és a magas nyári hőmérséklet következtében a *Duna* torkolatvidékének éghajlati viszonyai a sztyepp klímájához hasonlíthatók.

A csapadék területi eloszlását részvízgyűjtőnként is vizsgálhatjuk. Ennek alapja az Országos Vízeljáró Szolgálat adatbázisa, amely 1990 óta a Duna-medence 20 – a *Tisza* betorkollása feletti – részvízgyűjtőjére tartalmaz területi csapadékatlagokat. Ebből készült a 7. melléklet térképe, amely az egyes részvízgyűjtők sokévi (1990 és 2007 közötti) éves területi csapadékatlagait mutatja be.

Az évi átlagos csapadékmennyiségek alapján a vizsgált 20 vízgyűjtő három jól elkülönülő kategóriába sorolható. A legnagyobb átlagos csapadékmennyiséggel jellemezhető területek az Alpok legmagasabb régiói körül helyezkednek el. A *Traun-Enns* és az *Inn* vízgyűjtőire évente átlagosan 1200 milliméternél is több csapadék hullik.

A második csoportba értelemszerűen a maximális csapadékú vidékeket övező területek kerültek. A *Felső-Duna* és a *Mura* vízgyűjtőin évi átlagban 900-1000 mm

csapadékot észlelnek. Ugyancsak ebbe a kategóriába tartozik a *Felső-Tisza* vízgyűjtő a maga 930 mm körüli csapadékmennyiségével. Ezzel a környezetéből elég jelentősen kiemelkedik, ami minden valószínűség szerint a domborzatnak és a Kárpát-medencében uralkodó nyugatias légáramlatok együtthatásának köszönhető.

A harmadik kategória a legnépesebb: a húszból tizenöt vízgyűjtő került ide, főként Kárpát-medencebeli területek. A hozzájuk tartozó csapadéértékek egy 200 mm széles sávban, körülbelül 530 és 730 mm között váltakoznak. A legmagasabb értékekkel természetesen a magasabban fekvő, hegységperemi vízgyűjtők rendelkeznek (*Dráva, Bodrog, Vág-Garam-Ipoly*), míg a legalacsonyabb értékek a medence belsejében jelentkeznek (*Közép-Duna, Közép-Tisza*).

A fentiek alapján a *Duna* vízgyűjtő csapadékának területi elrendeződéséből megállapítható, hogy a főfolyó vízjárását leginkább a magashegységi régiók határozzák meg. Főként azok a mellékvizek, melyek a Keleti-Alpok középső, legmagasabbra kiemelt vonulatait tárják fel (*Inn, Traun, Enns*). A leghosszabb mellékfolyó, a *Tisza* esetében pedig egyértelmű a forrásvidék (10. kép) csapadékviszonyainak jelentősége.



10. kép: A két forráság, a Fekete- és Fehér-Tisza találkozása Rahónál

Ha a csapadék időbeli eloszlását vizsgáljuk, megfigyelhető, hogy a maximumok általában a nyári hónapokban következnek be. Ez különösen igaz a Duna-vízgyűjtő alacsony fekvésű területeire, ahol a konvektív csapadék jelentékeny részét képezi az

összes csapadékmennyiségnek. Ezeken a területeken a maximális értékek a kontinentalitás növekedésével júliusról júniusra vagy májusra tolódnak, és a nyárközépi alacsony páratartalom sem kedvez a záporok, zivatarok kialakulásának. A csapadékminimumok általában a tél közepén, januárban vagy februárban következnek be, amikor az ázsiai magas légnyomású területek akadályozzák az atlanti eredetű légtömegek keletre áramlását.

Ezzel szemben néhány középhegység, illetve a tengermelléki klíma módosító hatása alatt álló magashegységek csapadékviszonyai ettől jelentősen eltérőek. Általában itt is nyáron észlelhető a maximum, de domborzati viszonyaik lehetővé tesznek egy téli, decemberben, vagy januárban bekövetkező másodlagos maximumot, amely néhol akár az abszolút maximum is lehet az éven belül (pl.: a Bajor- és Cseh-erdő területén) (STANCÍK, A.–JOVANOVIĆ, S. 1989, BELZ, J.-U.–GODA L. 2004).

Az általános képtől eltérnek még a mediterrán klíma módosító hatása alatt álló területek – főképpen a vízgyűjtő déli, dél-nyugati részén, ahol inkább az október és december közötti időszakban érkezik a csapadékmaximum, a nyár pedig viszonylag szárazabb.

Nem szabad megfeledkezni a téli szilárd csapadékról sem, mivel a vízgyűjtő jelentékeny részét borítják magashegységek. A havas napok száma, a hó tartóssága és vastagsága pedig a tengerszint feletti magassággal növekszik és itt az éves csapadéknak akár 80-90%-a is érkezik hó formájában. Míg az alpi völgyekben átlagosan 58 a havas napok száma egy évben, addig a 3 000 m feletti régióban (Zugspitze – Bajor-Alpok) már 191 nap. Az Alpok területén a hó tartóssága 1 500 m magasságában átlagosan 4 hónap, 2 500 m felett azonban már ennek duplája, de elérheti a 10 hónapot is. A nedvesebb szélfelőli hegyoldalakon az állandó hóhatár átlagosan 2 900 m magasan húzódik, míg másutt általában 3 200 m körül található. A Kárpátokban az Alpokhoz képest általában hosszabb ideig marad meg a hó: 2 000 méteres magasság felett akár több mint 300 napig.

A középhegységekben nagyjából 100 napig marad meg a hó és itt a csapadéknak kb. 20-30%-a érkezik szilárd formában. A Felső-Duna vidékén ez az érték lecsökken 10-15%-ra, amely évi 40-60 napos hóborításhoz elegendő. A Duna-vízgyűjtő középső szakaszát már általában csak 20-30 napig borítja hó, míg a legrövidebb havas időszakot (9-12 nap) a Fekete-tengeri partvidéken észlelték.

Az alföldi területeken nem alakul ki túl vastag hóborítás. Az első hóesés általában októberben következik be, de összefüggő hótakaró többnyire csak decemberben, vagy

januárban alakul ki. A februárra kb. 15-20 cm vastagra hízó hótakaró általában márciusban olvad el. Az 1 500-2 000 m közötti magasságokban a hóborítás október-november környékén kezdődik, és februárra elérheti akár a 150-250 cm-es vastagságot is. Az olvadás márciustól gyakran májusig is elhúzódik. 2 000 m felett a hóborítás maximuma általában tavasszal következik be, a hó vastagsága nem egy helyen az 500 cm-t is meghaladhatja. Az olvadási periódus pedig általában a nyári hónapokig tart (STANCÍK, A.–JOVANOVIĆ, S. 1989).

2.3.3.3. Sugárzás, szél, párolgás

Sugárzási szempontból a vízgyűjtő földrajzi elhelyezkedésének megfelelően viselkedik. A sugárzási egyenleg és az évi összes sugárzás legamgasabb értékei a síkvidéki területeken fordulnak elő. Dél-Morvaország és a Kisalföld területén évente 190 kJ/cm^2 , a Duna-deltában 210 kJ/cm^2 sugárzás mérhető, míg a Magas-Tátra hegyvidéki területein mindössze 145 kJ/cm^2 , a Keleti-Beszékék vidékén $165\text{-}175 \text{ kJ/cm}^2$ napsugárzás észlelhető. A sugárzás évi összegében is dél felé való emelkedés figyelhető meg, amikor az északon húzódó hegységek $400 \text{ kJ/cm}^2/\text{év}$ értékeitől eljutunk a deltavidék $480\text{-}490 \text{ kJ/cm}^2/\text{év}$ -es adataiig (STANCÍK, A.–JOVANOVIĆ, S. 1989).

A vízgyűjtő szélviszonyait alapvetően a globális cirkulációból ide jutó, nagyobb nedvességtartalmú nyugatias áramlások határozzák meg. Ezzel szemben az eurázsiai kontinens belseje felől, különösen a téli időszakban, gyakran érkeznek hideg, száraz keleties szelek. A két szélrendszer értelemszerűen a főként a vízgyűjtő nyugati, illetve keleti területeire fejt ki jelentős hatást. A vízgyűjtő középső területein a két jelenség közül mindig az éppen erőteljesebb érvényesül, sőt itt a dél felől érkező mediterrán áramlások is gyakran beleszólnak az időjárási viszonyok alakításába.

A szélesebségek a *Duna* vízgyűjtőjében általában alacsonyok. A Felső-Duna Régióban az esetek 40-50 %-ában, az Alsó-Duna Régióban az esetek 75 %-ában az áramlási sebesség nem haladja meg az 1 m/s értéket. Nagyon erős szelek ($16\text{-}20 \text{ m/s}$) is csak nagyon ritkán (1 %) jelentkeznek. A legnagyobb szélesebségek általában télen és tavasszal fordulnak elő, a legnyugodtabb időjárással pedig leggyakrabban az őszi időszakban lehet találkozni. A Duna-vízgyűjtő legszélesebb vidéke a Vaskapu környéke, ahol az év felében szinte egyáltalán nincs légmozgás.

Kisebb területekre vonatkoztatva fontos szerepet játszanak a helyi domborzati viszonyok által kialakított száraz, főn jellegű, hegyvölgyi szelek is. Közös jellemzőjük,

hogy általában a hegyvonulatok szél alatti oldalán, bukószélként jelentkeznek. Ezeket az adott területen gyakran sajátos névvel illetik: a Dinaridák és az Adria vidékén bóra, a Bakonyban vázsonyi szél, az Alföld délkeleti részén kosszava, Erdélyben nemere, a Román-alföldön krivat (STANCÍK, A.–JOVANOVIĆ, S. 1989, NEMERKÉNYI A. 2000).

A vízgyűjtő párolgási viszonyait az imént tárgyalt meteorológiai tényezők (a sugárzás, a hőmérséklet, a csapadék és a szélesebség) együttesen határozzák meg. Emellett természetesen fontos szerepet játszanak az adott terület talaj- és talajvíz viszonyai, illetve növényborítottsága is. A párolgás azonban, éppen az összetett tényezők miatt, viszonylag nehezen mérhető, ezért a legtöbb esetben becsült, vagy számított értékekre lehet csak hivatkozni.

A területen az évi átlagos párolgás becsült értékei általában 400-700 mm között változnak. A Duna-vízgyűjtő felső régiójában ez 450 mm és 650 mm között van. Az Alpok közepes és nagyobb magasságú zónáiban általában 400 mm-t meghaladó értékek jellemzők, míg a legmagasabb csúcsrégiókban helyi jelleggel 100 mm-es értékek is előfordulnak. A Közép-Duna vízgyűjtőben átlagosan 500 mm a párolgás, de a mediterrán éghajlati befolyás alatt álló területeken a 600 mm-t is meghaladhatja. A Duna torkolatvidékén (11. kép) a legalacsonyabb párolgási értékek a 400 mm-t sem mindig érik el (STANCÍK, A.–JOVANOVIĆ, S. 1989).



11. kép: Tengerjáró hajó tart a Fekete-tenger felé a Duna-deltában

2.3.3.4. A klímaváltozás és a Duna-vízgyűjtő

Napjainkban a globális éghajlatváltozás problémaköre a világ környezettudósainak az egyik legfontosabb kutatási területe. Mivel földi léptékű eseményekről van szó, a *Duna* vízgyűjtőterületével foglalkozó vizsgálatokból sem hiányozhat ez a témakör. Azonban ahhoz, hogy az ide vonatkozó vizsgálatokat kellő megalapozottsággal lehessen végrehajtani, megfelelő hosszúságú és megbízhatóságú adatsorokra van szükség. Általában ilyenek nem állnak rendelkezésre, hiszen a meglevő hidrológiai és éghajlati adatsorok a legjobb esetben is legfeljebb másfél évszázados hosszúságúak, míg az éghajlat változásai legtöbbször ennél nagyobb időléptékben végbemenő folyamatok.

A természetben, a Földön ősidők óta minden változik és ezek a változások – különösen az éghajlat, az időjárás, a hidrológiai elemek – periodikusak. A fő kérdés az, hogy a periodikus változás melyik szakaszában vagyunk, ez a trend mennyi ideig tart, a természeti okok és az emberi tevékenység mennyire befolyásolja, illetve okoz-e maradandó változást. A hazai és nemzetközi szakirodalomban fellelhető számos ilyen témájú munka közül most csak néhányat szeretnék kiemelni, különös tekintettel azokra a vizsgálatokra, amelyek a *Duna* vízgyűjtőterületét is magában foglalják.

A klímaváltozásnak és hidrológiai hatásainak vizsgálatával a kutatók csak az 1980-as évek második felében kezdtek komolyabban foglalkozni. Ekkor készítették az első globális megalapozó tanulmányokat, illetve dolgozták ki az alkalmazható kutatási módszereket.

Elsőként GLIECK, P. H. foglalta össze a klímaváltozás hidrológiai hatásait tanulmányozó, egymást nem szükségszerűen kizáró tudományos módszereket. Megállapítható, hogy a hidrológiai hatásokat vizsgáló kutatók lehetőségei – más tudományterületek szakembereihez hasonlóan – meglehetősen korlátozottak. Mindenki csak modellek futtatási eredményei alapján tudja megbecsülni az esetlegesen bekövetkező változásokat. (GLIECK, P. H. 1989, STELCZER K. 2000):

Az 1990-es években ARNELL, N. W. és munkatársai Nagy-Britannia vízfolyásait tanulmányozták. Több modell eredményei is azt mutatták, hogy a vizsgált vízgyűjtők vízjárásai egymástól eltérő módon reagálnak az esetlegesen bekövetkező változásokra. Később kontinentális méretekre is kiterjesztették a kutatást. Eredményeik szerint a XXI. század közepén Kelet-Európa jelentős területein az emelkedő hőmérséklet következtében csökken a hótakaróval fedett területek kiterjedése, a téli lefolyás

növekszik, míg tavasszal csökken a folyókon leérkező vízmennyiség (ARNELL, N. W.–REYNARD, N. S. 1996, ARNELL, N. W. 1999, 2003).

Hazánkban is már hosszabb ideje folynak kutatások a klímaváltozás hidrológiai hatásaival kapcsolatosan, amelyek eredményeiről az 1990-es évek közepén a VITUKI adott ki összefoglaló tanulmányt. (ORLÓCI I. 1994).

Hazai éghajlatváltozási forgatókönyvek az éghajlat mediterrán jellegének erősödését valószínűsítik. (MIKA J. 1989) A *Duna* vízgyűjtőjén a csapadék lényegesen nem változik, de az ausztriai területeken, a *Rába*, a *Dráva* és a *Mura* vízgyűjtőiben lehetséges a növekedése. Az átlagos évi lefolyás csökkenése várható. A vízfolyásokon valószínűsíthető az éves lefolyás évszakos átrendeződése: a téli félév lefolyása inkább növekszik, míg a nyári félévé az éves átlagot meghaladó mértékben csökken. Ez alapján a téli hónapok lefolyása – a hőmérséklet növekedésének és az olvadás korábbi kezdetének köszönhetően – a *Duna* vízgyűjtőjében kis mértékben növekszik, míg a késő tavaszi, nyár végi és ősz eleji időszakok lefolyása várhatóan csökken. A téli hónapok hőmérsékletének emelkedése következtében a téli árvizek vízhozama jelentősen növekszik. Szintén emelkedő tendenciát mutat a tavaszi és nyár eleji hóolvasásos árvizek esetében az első árhullám vízhozama, viszont a továbbiaké csökken. A növekvő téli lefolyásnak köszönhetően növekszik a tározók feltöltésének biztonsága (NOVÁKY B.–BÁLINT G. 2004, NOVÁKY B. 2006).

Míg Magyarország területére viszonylagosan megfelelő előrejelzések készíthetők, addig a közös kutatások hiánya miatt nincsenek ismereteink arról, hogy miként alakul az éghajlat nagyobb folyóink határainkon túl fekvő vízgyűjtőiben. Az ilyen bizonytalanságok éppen a vízgazdálkodás hidrológiai adottságai tekintetében igazán számottevő folyóin – *Duna*, *Tisza* és mellékvizei, *Dráva* – akadályozzák, vagy csak igen közelítő, spekulatív jellegűvé teszik a hidrológiai forgatókönyvek készítését (NOVÁKY B. 2000b, 2003).

Ezen problémák elhárítására az első lépés 2001-ben történt meg, amikor magyar és osztrák kutatók közös tanulmányt készítettek a Felső-Rába vízgyűjtőjét érintő éghajlatváltozási hatásokra vonatkozóan, egyben megalapozva hazánkban a téma nemzetközi feldolgozását is (BERGMANN, H. et al. 2001, NOVÁKY B. et al. 2001).

Az éghajlat ingadozásai hazánkban is egyre inkább – százmilliárdos nagyságrendű károkat okozva – kezdik éreztetni hatásukat, ezért a Magyar Tudományos Akadémia koordinációjával jelenleg is működik egy munkacsoport, amely Magyarország jövőbeni

klímapolitikájának alapjait, az esetlegesen bekövetkező változásokra adható válaszlépések főbb irányvonalait hivatott meghatározni (LÁNG I. 2006).

A klímaváltozás hidrológiai hatásaival kapcsolatban az utóbbi néhány év globális szinten legjelentősebb, egyben legnagyobb hatású munkáját a Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) II. Munkacsoportja köré szerveződött nagy létszámú és hatalmas szaktekintélyű tudós társaság tette közzé. Vizsgálataik köre számos olyan folyamatra és tényezőre terjedt ki (pl.: biodiverzitás, turizmus, egészségügy, stb.), amelyek megjelenésében és működésében az adott térség klímájának megváltozása komoly befolyásoló tényező lehet. Ezek közül itt a vízgazdálkodással kapcsolatos eredményeket mutatom be nagy vonalakban, különös tekintettel az európai kontinensre, azon belül pedig a Duna vízgyűjtőterületére vonatkozó megállapításokra.

Az együttműködő kutatók több előrejelzési modell futtatási eredményei alapján több időszakra (2020, 2050, 2070) készítettek forgatókönyveket. A kutatás bázisa az 1961-1990 közötti harminc éves időszak átlagos adatai voltak. A vízgazdálkodás témakörében a vizek hozzáférhetőségének, illetve a száraz időszakok és az árvizek előfordulásainak változásait tanulmányozták. (ALCAMO, J. et al. 2007)

Ezek alapján 2020-ra Észak-Európában az éves lefolyás mintegy 15 %-os növekedése várható, míg ugyanez a paraméter délebbre közel 25 %-kal csökkenhet. Általánosságban a nyári félév lefolyásának csökkenése prognosztizálható. Ezzel szemben a téli félév árvízi veszélyeztetettsége a téli csapadékok növekedésével – különösen északon – emelkedik, a gyors lefolyású, hirtelen kialakuló árhullámok gyakoriságának növekedése pedig az egész kontinensen várható. A hőmérsékletek növekedésével csökken a hó formájában lehulló csapadékok mennyisége, és a hóolvadásból kialakuló árvizek előfordulásai a tavaszi időszakra a télbe tolódnak át.

A 2050-es évekre Dél-kelet-Európában az éves lefolyásnak körülbelül 20-30 %-os csökkenése várható.

Mintegy húsz évvel később, 2070 körül az éves lefolyás növekedése északon elérheti a 30 %-ot, míg a Dél-Európában megfigyelhető lefolyáscsökkenés 35 % fölé emelkedik. A nyári csapadékok csökkenése és a párolgás növekedése miatt a nyári kisvizek mennyiségének néhol mintegy 80 %-os csökkenése is várható. Ezeknek köszönhetően északon csökken, nyugaton és délen pedig növekszik az aszály kockázata. A jelenlegi 100 éves gyakoriságú szárazság várhatóan 50 évente (vagy még gyakrabban) fordul elő Dél- és Dél-kelet-Európában. A mediterrán államok mellett a

Duna-vízgyűjtő országai közül itt Magyarország, Románia, Bulgária, Moldova és Ukrajna nevét említi a tanulmány.

Évszázadunk utolsó negyedében a mai 100 éves visszatérési idejű árvizek gyakorisága Európa nagyobb részén növekszik, ritkább előfordulásuk csak a kontinens déli régiójában várható. (ALCAMO, J. et al. 2007)

A *Duna* vízgyűjtőjét is magába foglaló Közép- és Kelet-európai régióról összefoglalva elmondható, hogy a klímaváltozás hatásai valószínűleg meglehetősen nagymértékben lesznek érzékelhetők a területen. A XXI. század második felére az éves lefolyás csökkenése várható a térségben. Ezzel együtt a lefolyás éven belüli megoszlása is megváltozik: téli időszak nagyobb mértékben fog részesedni az éves lefolyt vízmennyiségből, míg a nyári félévben a korábbiakhoz viszonyítva kevesebb víz érkezik majd a folyókon. Az alpi vízfolyásokon ez a nyári lefolyás csökkenés akár az 50 %-ot is elérheti, mivel itt a folyamatot a gleccserek erőteljes visszahúzódása (akár eltűnése) is elősegíti. A rendelkezésre álló vízkészletek apadása a felszín alatti vizeknél is megfigyelhető lesz, az utánpótlódás csökkenése különösen a folyóvölgyekben és az alföldi térszíneken (pl.: a Kárpát-medence belső területein) lehet jelentős.

A modellek futtatási eredményei alapján kidolgozott forgatókönyvek több esetben Észak- és Dél-Európára jeleznek előre folyamatokat, amelyek között a hipotetikus határvonalat a Duna-vízgyűjtőt éppen kettészelő é. sz. 47°-án húzták meg. Emiatt a klímaváltozás folyamataiból a *Duna* teljes vízgyűjtőjére vonatkozó jelenségeket – az alkalmazott modellek bizonytalanságaival együtt – elég nehéz meghatározni. Az azonban szinte biztosan kijelenthető, hogy Európa középső és keleti részén a víz általi veszélyeztetettség a következő bő fél évszázadban jelentősen emelkedni fog, néhol akár a kétszeresére is növekedhet. (ALCAMO, J. et al. 2007)

A fentiek alapján látható, hogy számos tudományos műhelyben sokféleképpen tanulmányozzák az éghajlatváltozás esetleges vízjárási következményeit, de az így kidolgozott forgatókönyvek – ahogy a 8. fejezetben is látható – még meglehetősen sok bizonytalanságot tartalmaznak. Ezek a kutatások és törekvések a későbbiekben remélhetőleg elegendő időelőnyt és megfelelő háttérrel biztosítanak a jövőben esetelegesen lejátszódó folyamatok minél teljesebb körű megismeréséhez és a hatásaikra való felkészüléshez.

2.3.4. A biogeográfiai tényező szerepe a Duna vízjárásában

A növényzet jellege igen széles határok között változtathatja egy-egy területen a lefolyási tényező értékét. A különböző természetes vegetációtípusok és művelési ágak eltérő hatásúak lehetnek. Ezért a vegetáció jellegének hirtelen megváltozása (pl.: erdőirtás) drasztikusan befolyásolhatja a lefolyási viszonyokat (SZABÓ J. 1998).

A Duna-vízgyűjtő nagy részének potenciális vegetációja az erdő, amely a regionális és helyi természeti viszonyok függvényében számos különböző fás társulásban jelenhet meg. Az erdőknek ez a potenciális dominanciája azonban különleges körülmények között (pl.: extrém mikroklima, talaj- vagy lejtésviszonyok mellett, illetve a magashegységi erdőhatár felett, vagy sós sztyeppterületeken) természetesen nem érvényesülhet.

Az erdősültség jelenlegi szintjéről megállapítható, hogy az emberi társadalom tevékenységének következtében a természetes viszonyokhoz képest jelentős csökkenés tapasztalható. Az alföldi térszíneken az élelmiszertermelés területszükségletei miatt, a hegyvidékeken főként anyaga miatt pusztították a fás vegetációt. Napjainkban már nagy területeket találhatunk szinte erdőmentesen, például a Moldáv-dombvidéken 8%, az Alföldön pedig csak 7% az erdőborítás. A Felső-Duna vízgyűjtő területe az egyetlen térség, amely természetes (vagy inkább mesterségesen telepített) erdőségekben viszonylag gazdag vidék. Itt a terület egyharmadát borítják erdők. (BELZ, J.-U.–GODA L. 2004)

2.3.5. Emberi beavatkozások a Duna vízgyűjtőterületén

Mióta az emberiség meghódította az egész Földet, annak szinte minden egyes területén megjelentek a társadalom átalakító tevékenységének eredményei. Nincs ez másként a Duna vízgyűjtőjében sem, mivel az már a korai időkben is lakott vidék volt.

A vízfolyások vízjárásába az ember nagyon sokféle módon képes beavatkozni. Ezeket a tevékenységeket általában két csoportba lehet sorolni. A közvetett beavatkozások közé a folyók vízgyűjtőterületén végzett tevékenységek (pl.: felszínborítási változtatások – erdőirtás/telepítés, művelési ág váltás, beépítés, stb.) sorolhatók, míg a közvetlen beavatkozásokhoz magán a vízfolyáson végrehajtott munkák (pl.: folyószabályozás, árvízvédelem, tározók építése, stb.) tartoznak.

2.3.5.1. Felszínborítási változások a Duna-vízgyűjtőben

A történelem során végbement társadalmi és gazdasági fejlődés hatására a földtörténet során kialakult természetes viszonyokat az antropogén beavatkozások nagymértékben megváltoztatták. Ez elsősorban területhasználati és felszínborítási változásokban mutatkozik meg.

A mai felszínborítás és vegetáció sok helyen inkább az erdő visszaszorítására, máshol éppen az erdősítésre irányuló tevékenységek következménye. Az erdőirtások nagyságrendi növekedésének elsődleges oka, egyben legnagyobb haszonélvezője a mezőgazdaság volt, amely szántókká és legelőkké alakította a letarolt területeket. Az erdőterületek csökkenéséhez az is hozzájárult, hogy a ma már sűrűn lakott folyóvölgyekben az egykor nagy kiterjedésű ártéri erdőségek a XIX. század ármentesítési tevékenységének köszönhetően jelentősen visszaszorultak, teret adva az egyre növekvő lakó- és ipari övezeteknek (BELZ, J.-U.–GODA L. 2004).

A beépített területek aránya ma is folyamatosan emelkedik a *Duna* vízgyűjtőjén. A burkolt, kövezett felületek növekedésével egyre kiterjedtebbé válnak a szinte 100 %-os és nagyon gyors lefolyást biztosító felszínek. Ennek a folyamatnak a hatásai elsősorban a kisvízfolyások vízjárásában mutatkoznak meg (gyorsabb lefolyás, magasabb árvízszintek), a nagyobb folyókban már csillapítva jelentkeznek.

Az mezőgazdasági termőterületek növelésére (az erdőterületek csökkentésével) irányuló törekvések már a középkorban elkezdődtek, míg napjainkban inkább faanyagáért pusztítják az erdőt a Duna-vízgyűjtőjében. Különösen igaz ez a Felső-Tisza vízgyűjtőjére, amelyet az utóbbi évtized számos nagy tiszai árvizének hatására részletesebben tanulmányoztak. Kárpátalján természetes állapotban 90-95 %-os volt az erdőborítás, ez az érték 1998-ra 51 %-ra csökkent. A vizsgálatok kimutatták, hogy a Felső-Tisza vízgyűjtőjét közel 20%-kal kevesebb erdő borította a XX. század végén, mint 1896-ban. Az is kiderült, hogy az elmúlt bő 15 év alatt több mint 5%-kal csökkent az erdősült területek aránya. Azt viszont egyelőre még nem sikerült alátámasztani, hogy ezek a folyamatok kiváltó okai lennének az utóbbi évtized nagy tiszai árvizeinek, tehát hogy az erdőirtások jelentősebben befolyásolnák a Felső-Tisza vízjárását. Az erdőterület csökkenése inkább csak a vízgyűjtő alacsonyabb részeit érintette, a lefolyási szempontból legérzékenyebb meredek lejtőkön és a magashegyvidék legcsapadékosabb részein az erdők állapota szinte alig változott. Ha azonban az erdőirtás továbbra is ilyen mértékben folytatódik, hamarosan már ezeket, a vízjárást jobban befolyásoló területeket

is érinteni fogja (12. kép). A lefolyás számottevő növekedése eleinte csak a közvetlenül érintett kisebb vízfolyásokon lesz érzékelhető, de az esetleges egyre nagyobb mértékű fakitermelés a lefolyást és az árhullámok tetőzési szintjeit már a vízfolyások alsó szakaszain is növeli. (KONECSNY K. 2002, DEZSŐ Zs. et al. 2003, TIMÁR G. 2004, KONECSNY K. 2005).



12. kép: Erdőirtás friss nyomai a Vereckei-hágónál

2.3.5.2. Folyószabályozás, árvízvédelem, víztározás a Duna-vízgyűjtőben

A folyók vízjárását jelentősen módosító beavatkozások mindenütt többnyire az árvízvédelmi töltések, illetve víztározók kiépítésével valósultak meg. Ezek a beavatkozások általában a nagyvizek levonulási viszonyaiban okoznak változásokat. A töltések – a gazdaságilag fontos területek vízmentesítése érdekében – a korábbinál szűkebb keretek közé szorítják az árhullámok hatalmas víztömegét, ezáltal nem egy esetben megemelik az adott folyószakaszon az árvízszinteket. Ezzel szemben a – különböző gazdasági és társadalmi célokra létrehozott – víztározók a méretüktől, típusuktól és üzemrendjüktől függően pozitív és negatív irányban is módosíthatják az adott vízfolyás (folyószakasz) vízjárását. Megváltoztatják a nagy- és kisvizek jellemző paramétereit, az árhullámok levonulási viszonyait, az alattuk lévő folyószakaszok meder- és jégviszonyait. Az árvízvédelmi célú létesítmények – megfelelő üzemelés

esetén – a nagy árhullámok csúcsának „levágásával” csökkentik az alattuk lévő árvízvédelmi művek terhelését, a vízerőművek a napi energiafogyasztáshoz alkalmazkodó működésükkel (csúcsrajáratás) teljesen átalakítják az alattuk lévő mederszakasz vízjárását (napi két „árhullám”), a vízkivételi célú (öntözés, ivóvízellátás) tározók – mivel vízhiányos területen létesülnek – a kisebb vízfolyások alvizi szakaszait akár ki is száríthatják. A tározók többségénél az elsődleges célok mellett többféle hasznosítás is megvalósítható (pl.: természetvédelem, közlekedés, turizmus, stb.).

A jelentősebb, a folyók vízjárását befolyásoló változások a *Duna* vízgyűjtőjében is csak a tudományos és technikai fejlődés előrehaladtával, a középkorban következtek be. Az első árvízvédelmi töltésrendszerek Magyarországon épültek ki a XVI. század folyamán, de a vízgyűjtő vízfolyásainak nagyobb léptékű szabályozására csak a XVIII.-XIX. századtól kezdődően került sor. Régi feljegyzések már az 1720-as évekből említést tesznek a *Dráva* mellett épített gátakról, míg a *Duna* felső szakasza mentén a védművek kiépítését az 1800-as évek első felében kezdték meg (1827 – Bajorország, 1830 – Felső-Ausztria). A nagyobb léptékű árvízvédelmi munkálatok az alacsonyan fekvő, társadalmi és gazdasági szempontból értékesebb területek védelmére történtek, így a *Duna* és mellékfolyói a sűrűn lakott völgyekben és az alföldi szakaszokon nagy hosszúságban kaptak különböző védműveket. Napjainkra – néhány kisebb terület kivételével – a Duna-vízgyűjtő árvízvédelmi rendszere teljesen kiépült (PASOI, I. 2004).

Árvízvédelmi töltések jelenleg közel 15 000 km hosszúságban vannak kiépítve a *Duna* vízgyűjtőjében. A védvonalak legnagyobb része természetesen az alacsonyabban fekvő területeken, Magyarország és Románia alföldi régióiban található. A gátak megépülésének hatására a folyamatosan emelkedő árvízszintek azonban most már másfajta, modernebb védelmi beavatkozásokat is igényelnek. Jó példa erre az utóbbi évtizedben elkészült horvátországi *Száva* árvízvédelmi rendszer, amely a folyó középső szakaszának árterét (településeket – Zágráb, közlekedési csomópontokat, értékes mezőgazdasági területeket) hivatott vízmentesíteni; valamint a *Tisza* mentén jelenleg is folyamatban levő magyar szükségtározó-építési beruházások.

A vizek a társadalom számára nemcsak veszélyt jelentenek, hanem gazdasági hasznót is hajthatnak. A vízfolyások esésében rejlő energiamennyiség kiaknázására már a XIX. század végén megindultak a beruházások, de igazi csúcspontjukat a XX. század második felében érték el. A Duna-vízgyűjtőben az első vízi erőműveket az 1890-es években a kisebb mellékfolyókon építették, például 1894-ben a *Morva* mellékvizein, vagy 1896-ban Ikervárnál a *Rábán* (KOVÁCS P. 2002, PASOI, I. 2004).

A különböző rendeltetésű duzzasztógátak és vízerőművek száma a *Duna* vízgyűjtőjén napjainkban már meghaladja az ezret. Csak a 100 000 m³-t meghaladó térfogatú víztározóból 410 található a területen. Természetesen a hegyvidéki régiók vízfolyásai a leginkább kihasználtak, de azért jó néhány síkvidéki tározóval is találkozhatunk. Ennek megfelelően a legtöbb ilyen célú mesterséges vízelzárás a magashegységekkel tarkított Ausztriában (107) és Romániában (72) található. A vízgyűjtő legnagyobb területű mesterséges tava a Kiskörei-víztározó (Tisza-tó), maximálisan 127 km² kiterjedéssel, míg a völgyzárógátas-tározómedencés víztározók közül a legtöbb vizet a romániai Békási-tározó raktározza (1230 millió m³).

Az elmúlt évszázad folyamán magán a *Dunán* is számos erőművet építettek. A legelsőt 1927-ben (Kachlet – Passau), a legújabbat pedig 1996-ban (Freudenau) helyezték üzembe. Jelenleg a Dunán összesen 33 vízerőmű termel energiát. Közülük a legnagyobb teljesítményű (1328 MW) a Románia és Szerbia által közösen üzemeltetett, 1971 és 1985 között átadott Vaskapu erőmű-rendszer (13. kép), amely az energiatermelés mellett a Kazán-szoros zuhatagi szakaszainak hajózási viszonyain is jelentősen javítani hivatott (PASOI, I. 2004).



13. kép: A Vaskapu I. vízerőmű látképe az alvíz felől

Szintén a vízi áruszállítás érdekeit szolgálja az 1992-ben átadott Duna-Majna-Rajna-csatorna, közvetlen kapcsolatot létesítve az Északi-tenger vízgyűjtőjével és kikötőivel. Az emberiség régi álmát valósította meg, amikor megteremtették a Földközi-tengert és az Atlanti-óceánt a kontinens belső területein összekapcsoló vízi közlekedési lehetőséget. A *Majna* vidékének kisebb a lefolyása, így a két folyó közötti 18 tagú zsiliprendszert a *Dunából* kivezetett 15 m³/s vízzel töltik fel (SOMOGYI S. 2001).

3. A vízjárással kapcsolatos kutatások a világ különböző térségeiben és a Duna vízgyűjtőterületén

Mivel az emberiség már évezredek óta társadalmi és gazdasági célokra hasznosítja a vízfolyások által létrehozott és azóta is folyamatosan formált térszíneket, természetes, hogy az egyes folyók vízjárása a kezdetektől fogva nagy befolyással vannak az emberek életkörülményeire. Ennek megfelelően már az ókorból ismerünk olyan megfigyeléseket, amelyek a társadalmi-gazdasági szempontból fontosabb folyók (pl.: *Jangce*, *Tigris*, *Eufrátesz*, *Nílus*) vízjárási viszonyait tárják fel. Ezzel szemben a dolgozat tárgyát képező *Dunáról* nem túl sok hasonló korú feljegyzés maradt ránk. Ennek valószínűleg az oka az, hogy a *Duna* vízgyűjtőterülete – az akkor fennálló természetföldrajzi, éghajlati és korabeli társadalmi viszonyoknak megfelelően – viszonylag későn kapcsolódott be a kor fejlett civilizációinak életébe.

Természetesen az idő előrehaladtával és a tudomány fejlődésével a világban – és a *Duna* vízgyűjtőjét érintően is – egyre nagyobb szerepet kaptak az újabb, korszerűbb módszereken alapuló vizsgálatok. Ez a fejezet a fontosabb vízjárás-vizsgálatok eredményeiről ad áttekintést, különös tekintettel azokra, amelyek a vízjárás tipizálásával és stabilitás-meghatározással is foglalkoztak.

3.1. A vízjárás kutatása az ókortól a 19. század végéig

A vízjárással kapcsolatos első megfigyelések tehát – mint annyi más tudományág esetében is – a nagy ókori civilizációkig vezethetők vissza. Mivel a társadalmi berendezkedés és a gazdaság alapja a legtöbb esetben a mezőgazdaság volt, a nagy folyók vízjárásának ismerete alapvető fontossággal bírt a viszonylagosan csapadékszegény területek életének fenntartásában. Ezért maradhattak ránk a mezopotámiaiaknak a *Tigris* és *Eufrátesz* folyókról, az egyiptomiaknak a *Nílusról*, vagy a kínaiak *Jangcéről* és *Sárga-folyóról* szóló több ezer éves feljegyzései. A későbbi korokból a természettudományok fejlődésével egyre részletesebb és pontosabb információkat kaphatunk, amíg a görögök és rómaiak idejétől a középkoron át eljutunk a 17.-18. század felvilágosult tudósaiig.

A *Duna* legkorábbi leírása az i.e. 5. századból származik, de valódi tudományos értéket képviselő munkákat inkább csak a 16. század közepétől találhatunk. Ezek főként útleírások, illetve különböző típusú térképek, amelyeket eleinte hadászati, majd egyre

inkább hidrológiai szempontok alapján készítették. Az első nyomtatott Duna-térképet VISCHER, N. 1640-ben készítette Amszterdamban, VON BIRKEN, S. és SANDRAT, J. „Der vermehrte Donaustrand” című munkáját 1684-ben publikálta Nürnbergben (RZD, 1986).

Az első, mai szemmel is tudományos jelentőséggel bíró vízjárás-vizsgálatokat a Duna mentén – ezen belül a mai Magyarország területén is – az olasz származású MARSIGLI, L. F. hadmérnök és polihisztor készítette, amikor az 1600-as évek második felében a török elleni harcok kapcsán – katonaként, diplomataként vagy éppen fogolyként – bejárta a Kárpát-medence nagy részét. Megfigyeléseit és tapasztalatait fő művében, a „Danubius Pannonico-Myscius” című, első Duna-monográfiájában foglalta össze. A nyomtatásban 1736-ban megjelent művet 6 kötet alkotja, melyekben a Duna pannóniai és szerbiai szakaszával, az itteni vízrajzi felmérésekkel és észlelésekkel is részletesen foglalkozik.

Elkészítette a Béctől a Jantra-torkolatig terjedő folyószakasz első tematikus, vízrajzi térképét. Megvizsgálta a folyókat „... *amelyek mindkét oldalról a Dunába ömlenek, megjelölve torkolatuknak és forrásuknak tartományát és helyét; valamint nagyságukat, mely szerint II. III. IV. osztályúak lehetnek.*” (DEÁK A. A. 2004). A három kategóriában összesen harmincöt vízfolyást vett lajstromba, tehát egyfajta tipizálást hajtott rajtuk végre. Az I. osztályt valószínűleg maga a Duna jelentette, a II. csoport tagjai a nagyobb mellékvizek voltak (pl.: Száva, Tisza, stb.), a III. kategóriába kerültek a közepes folyók (pl.: Rába, Maros, Olt, stb.), a IV. osztályba pedig a véleménye szerinti legkisebbek (pl.: Rábca, Karasica, Lom, stb.). A csoportosítás elsődleges szempontja minden valószínűség szerint a vízfolyások hossza volt, de az általa megadott hosszúság-értékek csoportokon belüli eltéréseiből arra lehet következtetni, hogy a folyók adott kategóriába való besorolásánál fontos volt a szállított vízmennyiség is (már amennyire az adott körülmények között azt meg lehetett becsülni és egymással összehasonlítani).

A történelem folyamán először vízsebesség méréseket végzett a Dunán és a Tiszán, összesen három helyszínen. A mért adatok birtokában összefüggéseket keresett a mélység és a sebesség között.

MARSIGLI tudományos alapossággal elsőként készítette el a Duna vízjárásának jellemzését, azaz feltárta „... *a folyó áradásának és apadásának okait, idejét és mértékét ...*” (DEÁK A. A. 2004). Saját megfigyelései és kortársainak eredményei alapján a Duna-vízgyűjtőjén meghatározta a nagy esőzések, havazások és száraz időszakok éven belüli jellegzetes elrendeződését. A hatalmas dunai árvizek oka már szerinte is a hóolvadás,

felismerte, hogy az árvizek annál „fenyegetőbbek”, minél több esőzés gyorsítja a hegyekben a hó elolvadását. A rendszeresen előforduló nagy árvizeket június közepétől július közepéig figyelte meg, majd augusztustól fokozatos vízszintsüllyedéssel jutott el az őszi-téli kisvizek időszakáig. Ez utóbbit a csapadék elmaradása miatti szárazsággal magyarázza, de megjegyzi, hogy az ebben az időszakban érkező csapadék szokatlan vízszintemelkedéseket is okozhat. Kiemelte, hogy a Duna a száraz időszakokban sem szárad ki soha. Az így felismert alapvízhozam víztömegének eredetét már ő is földalatti készletekből érkezőnek tekintette, de azok forrását még nem tudta pontosan megjelölni. Az azért feljegyezte, hogy a csapadék mennyisége ezekre a vizekre is készletnövelő hatást gyakorol. Felismerte az egyes mederbeli akadályok káros következményekkel járó visszaduzzasztó, a vízjárást módosító hatásait is. (DEÁK A. A. 2004)

A 18. és 19. század hidrográfiai szempontból jelentős eseményei közé tartoznak a világ majd minden vidékét érintő folyószabályozások, melyek az egyre növekvő népesség területi igényeit voltak hivatottak kiszolgálni. Ezeknek a hatalmas munkáknak az alapjait az egyes vízfolyások teljes vízgyűjtőterületét átfogó vízrajzi leírások és felmérések biztosították. Ezek közül itt – a nyilvánvaló érintettség okán – csak a Magyar Királyság területén végzett vizsgálatokat emelem ki.

A BÉL MÁTYÁS által 1735-1742 között készített országleírásban a minden magyar vármegyére kiterjedő felmérés eredményei MIKOVINYI SÁMUEL térképeivel kiegészítve négy kötetben láttak napvilágot. A vízrajzi leírásokban az általános vízjárási jellemzők mellett a szerző kitér arra is, hogy adott esetben a *Duna* vízszintjének változása hogyan befolyásolja a betorkolló mellékfolyók alsó szakaszának vízjárási viszonyait.

Az 1760-as évek közepén megkezdődtek a tényleges folyószabályozási előkészületek: elindult a szabályozási tervek készítése az egyes szabályozandó vízfolyásokra. Ezek elsősorban térképi felvételezések, ún. mappációk formájában valósultak meg, természetesen ismerve és mindig szem előtt tartva az adott folyó jellegzetes vízjárási viszonyait.

Elsőként a Dunántúl kisebb vízfolyásainak (*Sárvíz, Kapos, Sió*) felvételezése készült el BESZÉDES JÓZSEF vezetésével. Utána a *Körösök* és a *Berettyó* (14. kép) következtek először TESSEDIK SÁMUEL, majd HUSZÁR MÁTYÁS irányításával. Utóbbi aztán folyamatosan közreműködött a *Duna* és a *Tisza* térképezésében is. A Duna-mappáció 1823 és 1845 között zajlott, VÁSÁRHELYI PÁL vezetésével fejeződött be az Alsó-Duna áttörésnél. Az 1834 és 1842 között végzett *Tisza* felmérés VÁSÁRHELYI elvi irányítása mellett LÁNYI SÁMUEL vezetésével történt.



14. kép: Vízhozammérés a Berettyó szeghalmi hídjánál

A XIX. század első felében tehát a magyar mérnökök és geodéták szinte teljes képet alkottak a hazai folyók vízjárásáról és vízrajzi viszonyairól, melynek alapján a következő bő fél évszázadban nagy léptékű folyószabályozási munkálatok váltak végrehajthatóvá.

Az 1900-as évek végéhez köthető a *Duna* teljes folyásának első magyar nyelvű összefoglaló leírása is, HANUSZ I. (1889) tollából. A Földrajzi Értesítőben közreadott tanulmány mellett, hogy a kor tudományos eredményeit mutatja be, ismeretterjesztő jellegű, közérthető és erőtejesen a nemzeti érzelmekre ható stílusban igyekszik az olvasó érdeklődését felkelteni a téma iránt.

3.2. A 20. századi vízjárési kutatások

3.2.1. A vízjárás tipizálás kezdetei

A vízfolyások vagy folyószakaszok különböző hidrológiai események alapján történő csoportosításának igénye (ti. a tipizálás) több más tudományterülethez hasonlóan a rendelkezésre álló információ mennyiség jelentős növekedésével került előtérbe. A vízjárás tipizálásával először főként a nagy kiterjedésű és változatos éghajlatú országokban kezdtek el foglalkozni. Az első, nemzetközi jelentőséggel bíró

vízjárás osztályozási módszert az orosz VOJEJKOV, A. A. dolgozta ki 1885-ben. A típusalkotásnál a lefolyás évi menetét, a magasvizek tápláló forrásait (gleccser ill. hóolvadékvíz, esővíz), továbbá a párolgást és a vízgyűjtők földrajzi helyzetét vette alapul (SZABÓ J. 1998). A nagyvizek jellege – genetikája – szerint négy fő csoportba sorolta a vízfolyásokat (V. NAGY I. 1978):

- Az olvadékvizek által táplált vízfolyásokat, amelyek síksági hótakaróból és 1000 méternél alacsonyabb hegységek hókészletéből kapják vizüket, heves tavaszi árvizek jellemzik (pl.: *Tisza*).
- A második csoportba az esők által táplált folyók tartoznak. Vannak a nyári árvizekkel jellemezhetők (pl.: *Amur, Nílus, Kongó*), mert ott az esők jelentős része nyáron hull le, a téli csapadék minimális; és vannak a bőséges téli esők által táplált folyók (a mediterrán vidékek vizei), amelyek nyáron akár ki is száradhatnak.
- Kismennyiségű esőből és olvadásból származó lefolyás esetén (pl.: Észak-Krím folyói) a vízfolyás nyáron rendszeresen kiszárad.
- A gleccserek által táplált vízfolyások (pl.: Antarktisz, Grönland), amelyek az olvadékvizekből táplálkoznak.

A vízjárás és hidrológia első hazai, tudományos alaposságú leírása BODGÁNFY Ö. (1906) nevéhez fűződik. Bő száz évvel ezelőtt megjelent két kötetes egyetemi tankönyvében a szerző részletesen tanulmányozza az akkori Magyarország folyóinak vízjárását és bemutatja azok fontosabb árvizeit. Művében háromféle vízjárástípust különböztet meg: a gyors, a lassú és a vegyes vízjárású folyók csoportjait. Az elsőnél a hirtelen kialakuló, nagy magasságokat elérő, majd gyorsan levonuló árhullámok viszonylag gyakran jelentkeznek. Ide tartoznak a vízmosások és a hegyi patakok, de néhány nagyobb folyó (pl.: *Durance, Sárga-folyó*) is. A második csoportot a lassan kialakuló, nagy tartósságú magasvizek jellemzik, ilyen a *Szajna*, a *Rohne* vagy hazánkból a *Marcal*. A vegyes vízjárású folyók csoportja valahol az előző kettő között helyezkedik el, ötvözve az első két típus tulajdonságait. Nem véletlenül tartozik ide a legtöbb nagy vízfolyás, melyek felső szakaszukon gyors, míg a torkolat közelében már csendes vízjárásúak (pl.: *Elba, Duna, Tisza*). A típusokon belül a szerző meghatározza az egyes árvizek tápláló forrásait (pl.: eső, hó, jégárak, talajvíz), vizsgálja a vízgyűjtőn az esetenként nagy jelentőséggel bíró talajtani viszonyokat, és részletesen tanulmányozza a tavaknak (pl.: Genfi-tó, Bodeni-tó, Balaton) a folyók vízjárására gyakorolt hatását is.

A vízjárás tipizálás következő hazai képviselője KÉZ A. (1930) volt, aki elsősorban a tápláló forrás alapján osztályozott. A havas területekről táplálkozó folyók csoportjába főként Belső- és Közép-ázsiai, vagy szibériai folyókat sorolt, de azért megemlíti, hogy egyéb hegyvidékek közelében is előfordulhatnak hasonló jelenségek, pl. Észak-Olaszországban. A szerző az amerikai *Mississippi* mellett a havas és esős területekről táplálkozó folyók típusába sorolta a *Dunát* és a *Tiszát* is, amelyek vízjárását – a nagyobb mellékvezeikkel együtt – részletesen is bemutatja. A harmadik osztályba az esőből táplálkozó folyók tartoznak, mint például Európában az óceáni és a mediterrán területek vizei. Szerinte a legegyszerűsebb vízjárású folyóknak az egyenlítő alatt kellene kifejlődni, de az egyenlítői öv sokkal keskenyebb, minthogy abban egy nagy folyó vízrendszere kialakulhasson. Az *Amazonas* azért nem jó példa, mert a mellékfolyói más éghajlati zónák hatásaival is befolyásolják a vízjárását. Itt kell megemlíteni LÁSZLÓFFY W. (1934) munkáját, amelyben – a magyar hidrológiában talán elsőként – tudományos alapossággal dolgozza fel a teljes Duna-vízgyűjtő természeti viszonyait, átfogó képet adva a domborzat, a vízrendszer, a geológiai felépítés, az éghajlati viszonyok és nem utolsósorban a vízjárás térbeli változásairól, különös tekintettel a folyó magyarországi szakaszára.

Az orosz tipizálási iskola folytatójaként LVOVICS, M. I. 1938-ban tette közzé a lefolyás eredetének és időbeli változásának különbözőségein alapuló vízfolyás-osztályozási módszerét, amelynek kódrendszerével viszonylag egyszerűen csoportosíthatók az egyes folyók. A lefolyás alaptípusát négyféleképpen jelölte meg: hóolvadásból (H), esőből (E), gleccserjégből (J), felszín alatti vizekből (F) származhat az árhullám vízmennyisége. Amennyiben az adott típusú lefolyás adja a teljes lefolyás több mint 80 %-át, akkor a megfelelő betűjel 3-as alsó indexet kap, 80-50 % között az index 2, 50 % alatt pedig 1. Ezután a maximális lefolyást évszakok szerint jelölik: tél (T), tavasz (Ta), nyár (Ny), Ősz (Ö). Ha a lefolyás több mint 80 %-a az adott évszakra esik, a fenti jelzés 3-as indexet kap, 80-50 % között az index 2, 50 % alatt pedig 1. Így például az E₂Ny₂ jelölés olyan folyót jellemez, amelyet főleg esőből származó nyári csapadékok táplálnak. A fentiek alapján az éghajlati öveket követve LVOVICS 9 fő vízjárástípust különített el (V. NAGY I. 1978, SZABÓ J. 1998).

Talán a világ legelterjedtebb, ma is gyakran alkalmazott vízjárás-tipizálási módszere PARDE, M. 1933-ból származó osztályozása, amely a folyókat a hidrológiai évszakok (a magas és kisvizek száma), a táplálás fajtái és az ingadozási együttható alapján sorolja több, egymás mellé, illetve egymásnak alárendelt típusba. Az ingadozási

együttható egy olyan dimenzió nélküli viszonyszám, amely a havi és az éves középvízhozamok hányadosaként határozható meg. A maximális és minimális vízhozamú hónapokra kapott értékek hányadosa adja meg egy folyó ingadozási együtthatóját. Ez nagy előrelépést jelentett a korábbiakhoz képest, mivel az egymástól nagyon eltérő folyókat is összehasonlíthatóvá tette. (PARDÉ, M. 1955, SZABÓ J. 1998).

PARDÉ három főtypusba és összesen 12 altípusba sorolta be a folyókat (5. táblázat). A főtypusokat egymástól az egy éven belül előforduló nagyvizek száma szerint különítette el, míg az altípusok a táplálóforrások különbözőségei szerint kerültek elhatárolásra.

5. táblázat: A vízjárástípusok PARDE, M. (1955) szerint

I. főtypus: egyszerű rendszer [évente egy nagy- és egy kiszve van]	II. főtypus: eredeti komplex rendszer [évente legalább két nagyvize van]	III. főtypus: változóan komplex rendszer [nagyobb vízfolyások összetett vízjárással]
<ul style="list-style-type: none"> - glaciális típus - óceáni esőtípus (pluvio-óceáni) - trópusi esőtípus (pluvio-trópusi) - hegyvidéki hótípus (montano-nivális) - alföldi hótípus (alluvio-nivális) 	<ul style="list-style-type: none"> - hó-átmenet típus - hó-eső típus (nivo-pluviális) - eső-hó típus (pluvio-nivális) - egyenlítői eső típus - több mint két maximumos típus 	<ul style="list-style-type: none"> - csak esők táplálják, de eltérő éghajlatú területeken folyik át - különböző táplálásúak, de futásuk mentén változik a vízjárásuk jellege

A rendszer hátránya, hogy sokszor nehéz egyértelműen meghatározni az egyes típusokba való besorolást, az osztályozás egyes celláiba inkább csak példafolyók vagy folyószakaszok tartoznak. Ez jelentősen megnehezíti például a vízjárástípusok térképi ábrázolását. Emellett több más beosztáshoz hasonlóan túlságosan nagy kiterjedésű vízgyűjtőterületeket vett alapul a tipizáláshoz.

3.2.2 A 20. század második felének vízjárási kutatásai külföldön

A világ hidrológusai sokáig PARDE módszerét tekintették alapvetőnek, ennek felhasználásával és továbbfejlesztésével alkották meg, saját tipizálási rendszerüket.

Az európai kontinens vízfolyásait GRIMM, F. 1968-ban rendszerezte. Módszerét kisebb, 500-1000 km² kiterjedésű vízgyűjtőkre dolgozta ki, néhány új mutató bevonásával (nagy- és kisvizek bekövetkezésének éven belüli időpontja, az éves

lefolyás mértéke) továbbfejlesztette a PARDE által kialakított, a középvízhozamok vizsgálatán alapuló vízjárás-tipizálási eljárást. Európa vízfolyásait 55 vízjárástípusba sorolta, amelyek 9 főtípusba csoportosultak. Vizsgálta ezenfelül a vízjárástípusok vízfolyásmenti és horizontális, illetve vertikális irányú változásait (zonalitás) is. A típusokat térképen is ábrázolta, amelynek a Duna-vízgyűjtőjére eső részlete az 8. *mellékletben* található. A módszer részletesebb ismertetésére a dolgozatban később, a 6.3.2.1. fejezetben kerül sor.

BECKINSALE, R. P. (1969) PARDE kortársaként és segítségével hozta létre a Köppen-féle éghajlati osztályozáson alapuló vízjárás tipizálási módszerét, melyet globális méretekben alkalmazott. Négy főtypust határozott meg: megatermális, mezotermális, mikrotermális és hegyvidéki vízjárásokat. Ezeken a kategóriákon belül aztán táplálóforrás és a nagy és kisvizek száma és ideje alapján történt a további csoportosítás: a Földön 14 fő vízjárástípust típust határozott meg.

Új úton indult el a Skandináv Vízjárási Munkacsoport, mely a szakterület egyik első, határokon átívelő kezdeményezése volt. 1979-ben Észak-Európa területére kidolgozták a vízjárás tipizálásának egy új módszerét, amely a nagy- és kisvizek időbeli előfordulási valószínűségén alapul. Öt vízjárástípust javasoltak, amelyek között kettő átmeneti típus volt. Ezt egy későbbi kutatás során kissé módosították, végül hat fő típust különítettek el a területen. Több módszer megvizsgálása után a havi középvízhozamok hosszú idejű adatsorait használták az osztályozáshoz. Minden egyes állomáshoz – különböző geográfiai paraméterek (pl.: növényzet, geomorfológia, klimatikus viszonyok) figyelembe vételével – reprezentatív területeket jelöltek ki, majd automatikusan, GIS segítségével az egész térségre kidolgozták a tipizálási rendszert. Mindemellett a hat típust klaszterezési eljárással határozták meg, lehetővé téve, hogy a vízjárás osztályozása és regionalizálása teljes mértékben számítógépesíthető legyen (GOTTSCALK, L. et al. 1979).

Az évi középhőmérséklet és a csapadékviszonyok változásainak tükrében később megvizsgálták a vízjárástípusok stabilitását is, de a rendelkezésre álló adatsorok hosszának és a vizsgálatba bevont vízgyűjtők méretének és kiterjedésének különbségei miatt nem találtak közöttük jelentős összefüggéseket, mivel a rendelkezésre álló néhány évtizedes megfigyelések adatsorai nem elegendő hosszúságúak ahhoz, hogy a vízjárás időbeli folyamatait tanulmányozni lehessen rajtuk (KRASOVSKAIA, I.–GOTTSCALK, L. 1992).

HAINES, A. T. és munkatársai 1988-ban mutatták be globális osztályozási rendszerüket, mely egy korábbi, Ausztrália területére vonatkozó tanulmány (GENTILLI, J. készítette 1952-ben) globális szintre való kiterjesztése. Az ausztrál kutatók a világ 66 országában elhelyezkedő 969 állomás átlagosan 33 éves adatsora alapján, klaszterezési eljárással vizsgálták a havi középvízhozamoknak az éves lefolyáshoz való százalékos viszonyát. Így 15 csoportot hoztak létre, amely ugyanennyi vízjárástípusnak felel meg. Ez volt az első, kizárólag a lefolyási adatokra épülő vízjárás tipizálási módszer. (HAINES, A. T. et al. 1988)

Ugyanebben az évben publikálta CZAYA, E. (1988) a Föld folyóiról szóló összefoglaló jellegű munkáját, amelyben tulajdonképpen kétféle szempont szerint csoportosítja a vízfolyásokat: a vízgyűjtőn uralkodó éghajlat és a domborzati viszonyok – mondhatni a folyók szakaszjellege – alapján. Eszerint hét főtypust különít el számos példával alátámasztva. Csoportosítását minden bizonnyal több kutató korábbi vizsgálati eredményeinek felhasználásával és összefoglalásával alkotta meg.

3.2.3. Hazai vízjárás-vizsgálatok a második világháború után

Az 20. század közepétől kezdődően magyar vízügyi vizsgálatokat a kutatóhelyek alapján két alapvető részre lehet bontani. Hidrológiai tanulmányokkal egyrészt a tudományegyetemeken foglalkoztak, ahol szakterülettől függően (műszaki, vagy természettudományos) építették be a témát a kötelező tananyagba. Ennek megfelelően az eredmények általában olyan egyetemi tankönyvek formájában láttak napvilágot, amelyek az adott tudományterület szempontjából közelítették meg a hidrológiai kérdéseket. Másrészt folyóinkat az állami tudományos kutatóintézetekben (az MTA Földrajzi Kutatóintézetében és 1952-től a VITUKI-ban) tanulmányozták.

Az egyetemek természettudományi karain a vízjárással általában az általános természetföldrajz témakörében foglalkoztak (vö.: SZABÓ J. 1998), összefoglalva a megjelenésig elérhető legfrissebb és legelfogadottabb tudományos eredményeket. BULLA B. és MENDÖL T. (1947) ebben a tárgykörben elsőként mutatták be több folyónk vízszállításának éven belüli menetét, illetve a vízjárási különbségeket, amelyeket kapcsolatba hoztak az olvadás és esőzések folyónként eltérően jelentkező idejével. BULLA B. későbbi munkáiban már megjelentek a 20. század első felének nemzetközi kutatási eredményei is (pl.: az orosz iskola és PARDÉ munkássága), és ezek összedolgozásából alkotta meg saját vízjárás-tipizálási rendszerét. Az alacsony és

magasvizek váltakozása alapján szabályos és szabálytalan vízjárástípusokat különített el, melyeken belül éghajlati szempontok és a táplálóforrás alapján 8 altípust különböztetett meg (BULLA B. et. al. 1952.). Magyarország folyóinak vízjárását alapvetően a nagyvizek előfordulása alapján többen is vizsgálták (PÉCSI M. et al. 1960, BULLA B. 1962.). Szintén az árhullámok kialakulásának ideje és táplálása szempontjából tanulmányozta a hazai folyókat LOVÁSZ GY., aki emellett éghajlati és domborzati viszonyok – főként a hóolvadás időpontja és a vízgyűjtő tengerszint feletti magassága – alapján öt vízjárási típusba sorolta az országunkat érintő vízfolyásokat. Kiemelendő, hogy az egyes folyókat már nemcsak egészben, hanem külön szakaszokra bontva is tanulmányozta. (LOVÁSZ GY. 1985., LOVÁSZ GY. 1997.)

A hidrológiának természetesen a műszaki felsőoktatásban is fontos szerep jutott, ezért itt is számos tankönyvben szerepel ez a témakör. NÉMETH E. 1959-ben megjelent munkájában részletesen tárgyalja a vízjárástípusokat. Beosztása leginkább a fél évszázaddal korábbi, BOGDÁNFY-féle csoportosításra hasonlít – heves, nyugodt és vegyes vízjárású folyók – de PARDE munkásságára is tesz utalást. SZESZTAY K. (1970) kétkötetes Hidrológiájában a vízjárásuk alapján többféle szempont szerint is csoportosítja a vízfolyásokat: a táplálás szerint osztályozás mellett a hidrológiai hossz-szelvényekkel kapcsolatos kutatási eredményeket is bemutatja. Az orosz iskola, LVOVICS és VOJEJKOV munkásságának eredményeivel magyar nyelven a legegységesebb formában V. NAGY I. 1978-as műegyetemi tankönyvéből lehet tájékozódni. A vízjárás jellemzésére alkalmas módszerek és az általános hidrológiai ismeretek összefoglalói STELCZER K. 1979-ben és 2000-ben napvilágot látott egyetemi tankönyveiben olvashatók, melyek az adott időszak – különösen az utóbbi évek – szakmai oktatásában jelentősek és hiánypótló jellegűek.

Az 1950-es évektől kezdődően vízjárási vizsgálatokkal foglalkozó kutatóhelyek – az egyetemek melletti – másik nagy csoportja a már említett állami kutatóintézetek voltak. A VITUKI és felettes-, illetve társintézményei – az Országos Vízügyi Hivatal (OVH) és a Vízgazdálkodási Intézet (VGI) – kifejezetten a vizekkel kapcsolatos kutatásokat végeztek, míg az MTA Földrajzi Kutatóintézetének (MTA FKI) munkatársai a legmagasabb szintű hazai tudományos szervezet jogán foglalkoztak a vízügyekkel. Ezek az intézmények országos hatáskörükből fakadóan általában a Magyarország területén előforduló problémákkal foglalkoztak, vagy a külföldi eredményeket alkalmazták a hazai viszonyokra. Az első időszakban jelentős feladatuk volt az ország teljes területének a hidrológiai szempontú, korszerű tudományos

módszerekkel való feldolgozása. Ebbe a programba illeszkednek az 1960-70-es évekből a Magyarország hidrológiai viszonyait feltáró, áttekintő tanulmányok (PUSKÁS T. 1961, GODA L. 1965, PUSKÁS T. 1967, ANDÓ M.–VÁGÁS I. 1978, CSOMA J. 1978), illetve ekkor kezdődött az összes hazai vízfolyást részletesen – külön kötetekben – bemutató Vízrajzi Atlasz sorozat kiadása is. Szintén ekkor indult az MTA FKI keretein belül a Magyarország tájait bemutató sorozat, amelynek köteteiben az egyes régiók vizeinek és azok vízjárásának részletes, földrajzi szempontú bemutatása is helyet kapott (PÉCSI M. 1967, 1969, 1975, 1981, 1987).

CSOMA J. és SZIGYÁRTÓ Z. (1975) statisztikai vizsgálatai rámutattak arra, hogy a vízjárás éven belüli változása közelíthető folytonos függvénnyel: a napi vízállások átlagos értékeire és szórására trigonometrikus függvény illeszthető. A függvény maximuma a tavaszi hónapokban – a *Tiszán* és mellékfolyóin áprilisban, minimuma ugyanezen folyókra szeptember októberben van. Megállapításaik összhangban vannak a megelőző és későbbi vizsgálatok más módon kapott eredményeivel is (vö. PUSKÁS T. 1967, CSOMA J. 1978, NOVÁKY B.–SZALAY M. 2001.) A hidrológiai folyamatok idő- és térbeli változékonyságát később mások is tanulmányozták, és a fajlagos lefolyás térbeli és időbeli változásaival is foglalkoztak (KOVÁCS GY. 1984.)

A lefolyás éves menetének az időjárás ritmusa szerinti szabályosságát LÁSZLÓFFY W. (1982) is hangsúlyozta. Korábbi kiadványok adataira támaszkodva tanulmányozta a Tisza-vízgyűjtő 8 folyójának 12 állomásán a vízjárás menetét, melyek alapján megállapította, hogy a területen a tavaszi hónapok a legbővizűbbek. A vízjárási maximumokat egyértelmű kapcsolatba hozta a domborzati viszonyokkal és az összegyülekezési idő változékonyságával, de az esteleges második maximumok kialakításában az éghajlati – jelesül mediterrán – hatásokat is feltárta. A szegedi vízállások (15. kép) példájával támasztotta alá, hogy az egyes évek vízjárásai az átlagtól akár nagymértékben is eltérhetnek. GODA L. (1987) a havi lefolyás mellett az évszakok és féléves időszakok lefolyásának alakulását is elemezte. Kimutatta, hogy az alpi eredetű folyóinkon (*Duna, Dráva, Mura*) a vízszállítás a nyári félévben nagyobb, míg az összes többi folyót – a *Maros* kivételével – a nagyobb téli lefolyás jellemzi. A téli lefolyás arány annál nagyobb, minél kisebb kiterjedésű a vízgyűjtő. A lefolyás éven belüli változása alapján szerinte elvi lehetőség van a vízjárás tipizálására is, de a hazánkban előforduló háromféle éghajlat módosító hatásai mellett ezt az is megnehezíti, hogy napjainkban a természetes vízjárást sok helyen az emberi beavatkozások

jelentősen befolyásolják, helyenként gyökeresen megváltoztatják. (NOVÁKY B.–SZALAY M. 2001.)



15. kép: A Tisza szegedi mérőszelvénye

A *Duna* vízgyűjtőjében jelenlévő antropogén hatásokkal több hazai és külföldi szerző is foglalkozott. Munkáikban áttekintik a vízrendszer mesterséges változásait, illetve bemutatják a társadalmi-gazdasági fejlődés érdekében kiépített műtárgyakat. (SOMOGYI S. 2001, PASOI, I. 2004).

3.2.4. Globális nemzetközi együttműködésben készült vízjárás vizsgálatok

Mivel az emberiség társadalmi és gazdasági fejlődéséhez nélkülözhetetlen a biztonságos, mennyiségi és minőségi szempontokból megbízható vízellátás, az 1980-as évek közepétől az ENSZ égisze alatt létrejött egy nemzetközi tudományos együttműködés, melynek célja a vízellátással kapcsolatos problémák áttekintése. Az 1985-ben alapított FRIEND (Flow Regimes from International Experimental and Network Data – szabad fordításban (DOMOKOS M. 1991.): Nemzetközi kísérleti vízgyűjtők és észlelőhálózati állomások adataiból meghatározott vízjárási törvényszerűségek) hidrológiai együttműködés az UNESCO Nemzetközi Hidrológiai Programja (IHP) keretében működik, és eleinte csak néhány Nyugat- és Észak-európai ország kutatóinak kis nemzetközi csoportja dolgozott benne. Eredeti céljuk az volt, hogy a megelőző évtizedekben felhalmozódott információkat és tapasztalatokat nemzetközi szinten is hasznosíthassák. Az együttműködésben elért sikereik hatására az évek során a résztvevő országok köre folyamatosan emelkedett, napjainkban már jóval

több, mint 100 állam tagja a kooperációnak szerte a világon. A résztvevő országok tudósai a következő nyolc regionális munkacsoportban dolgoznak (FRIEND 2002):

- Észak-Európa (NE)
- Alpi- és Mediterrán régió (AMHY)
- Dél-Afrika
- Nílus-medence
- Nyugat- és Közép-Afrika (AOC)
- Hindukus-Himalája régió (HKH)
- Ázsia-Csendes-óceáni régió
- Közép-amerikai- és karibi-régió (AMIGO)

Emellett folyamatos az érdeklődés új területek munkába való bekapcsolódására, így a közeljövőben várhatóan Közép-Ázsia, Dél-Amerika és a Perzsa-öböl és Kaszpi-tenger régiói csatlakoznak az együttműködéshez. A projektben résztvevő kutatók négyévenként, a világ különböző részein szervezett nagy nemzetközi konferencián mutatják be a témában végzett munkásságuk eredményeit.

Az együttműködés immár több mint 20 éve alatt számos, a vízjárással foglalkozó tanulmány készült, amelyek az összes kontinensre kiterjednek. Itt a Duna-vízgyűjtőjét is érintő két regionális munkacsoport (NE és AMHY) tagjai által végzett fontosabb vizsgálatok eredményeit mutatom be.

A Skandináv Vízjárési Munkacsoport által korábban kidolgozott módszereket (vö. GOTTSCHALK, L. et al. 1979) a FRIEND együttműködés keretében az Európai Vízügyi Adattár (European Water Archive) adatai alapján kontinentális szintre is kiterjesztették. Közel 1700 állomás adatai alapján 13 vízjárástípust különböztettek meg kontinensünkön. Sajnos nem beszélhetünk egész Európára kiterjedő tipizálásról, mivel a vizsgálatba bevont 16 ország együttes és összefüggő területe a kontinens összterületének területének csak mintegy egyharmadát teszi ki (ARNELL, N. W. et al. 1993).

Ugyanerre a területre vonatkozóan többféle módszerrel vizsgálták a vízjárás időbeli változékonyságát is. Amikor az egyes évek adatai alapján kialakított típusokat hasonlították össze a hosszú havi középvízhozam adatsorokból képzett típusokkal, a vizsgált közel 180 állomásnál országonként jelentősen eltérő, 55-65 % (pl.: Belgium, Nagy-Britannia, Csehország) és 75-80 % (pl.: Írország, Svédország, Finnország) közötti egyezéseket találtak a különböző időszakok vízjárástípusai között. Ezek az eredmények jól mutatják, hogy mekkora befolyással vannak a különböző területek éghajlati

viszonyai a vízjárás által definiált típusokra. Ennek fényében a hőmérsékleti- és csapadékadatok alapján tanulmányozták a „hideg-meleg” és „nedves-száraz” évek vízjárását, illetve a lefolyt vízmennyiségek éves és szezonális változásait is. A különböző interpolációs eljárások közül a témakör térképezési problémáinak megoldására a legközelebbi szomszéd elvének használatát javasolták (KRASOVSKAIA, I. et al. 1993, 1994).

Abban az esetben, ha emberi beavatkozásoktól mentes folyók vízjárási viszonyaira vagyunk kíváncsiak, a lakott területektől távol eső vidékeket kell felkeresni. Ezek a napjainkban már meglehetősen ritkán fellelhető területek például a hatalmas kiterjedésű Oroszországban fordulnak elő. SEMYONOV, V. A. et al. (1994) tanulmányában 19 antropogén hatástól mentes vízgyűjtő éves és havi közepes vízhozam adatait vizsgálta. Az adatsorok komplex statisztikai elemzése után kimutatta, hogy a vízjárás természetes változatait az egyes táplálóforrásoknak, illetve a víz- és hő-mérleg elemeinek egyensúlya határozza meg.

ZHURAVIN, S. A. (1994, 2002) Oroszország európai részének vízjárási viszonyait tanulmányozta egy Szentpétervártól a Fekete-tengerig húzódó, erdőkkel, erdősztyeppel borított, kb. 200 000 km² kiterjedésű területen. A víz körforgása egyes elemeinek helyi viszonyait az összetett hidrometeorológiai mérések eredményeinek felhasználásával tanulmányozta, a kutatási időszak alatt bekövetkező változások feltárására trendvizsgálatokat végzett. Részletesen foglalkozott a terület vízjárásának jellemzésével, különös tekintettel a talajnedvesség-forgalom időbeli változásaira. Később foglalkozott a klímaváltozás itt érvényesülő hatásaival is, kiemelten annak a vízmérleg-elemekre, a vízjárásra gyakorolt hatásaival, amennyiben a területen tovább „melegszik” és „nedvesedik” a klíma. Természetesen ezek a vizsgálatok is előrejelzéseken alapulnak, melyek ma még nem adnak kellő bizonyosságot a jövő folyamatait illetően.

Az 1990-es évek második felében dolgozták ki – vízjárás stabilitás vizsgálatokhoz használt, entrópián alapuló módszer segítségével – a diszkrimináns időszakok² felhasználásával történő vízjárás osztályozási eljárást. (KRASOVSKAIA, I. 1997)

BOWER, D. és munkatársai (2002) a vízjárás térbeli és időbeli változékonyságát vizsgálták az Egyesült Királyság vízfolyásain 35 állomás 25 éves adatsorainak

² Diszkrimináns időszak: Olyan, egy vagy több hónapból álló időszak, amelyre vonatkozóan a havi lefolyás egyes eseményeinek (pl.: az első, második, harmadik legnagyobb, vagy az első, második, harmadik legkisebb havi középvízhozam az éven belül) az előfordulási valószínűségét vizsgálhatjuk. (NOVÁKY B. 2000)

segítségével. A vízjárás éven belüli menetének hasonlósága alapján négy, míg az egyes évek lefolyásának átlagtól való eltérése alapján három típust különböztettek meg. Az éven belüli változékonyság vizsgálata során összesen tíz osztályt különítettek el. A globális éghajlati tényezők mellett fontos szerepet játszik a vízgyűjtő geológiai felépítése, mivel azokon a területeken, ahol a fő víztartókkal közvetlen kapcsolat áll fenn, kevésbé változékonyság a vízjárási viszonyok.

3.2.5. Független kutatások Közép-Európában az ezredforduló körül

A XX. század folyamán – egyéb régiókhoz hasonlóan Közép-Európában is PARDÉ módszeréből indultak ki a vízjárások osztályozásakor. Csak az 1990-es években kezdődtek azok a kutatások, melyek során új, fejlettebb módszereket vezettek be.

Szlovéniában – az ország változatos földrajzi viszonyainak köszönhetően – már évtizedek óta önállóan is foglalkoztak a vízjárások tipizálásával. Közülük a legújabb HRVATIN, M. (1998) munkája, amely a havi vízhozam együttható alapján határozta meg a 8 vízjárástípust. A szerző az együtthatót 70 állomás havi közepes vízhozam adatainak 30 éves (1961-1990) időszaka alapján számította ki, míg a csoportosítást a Manhattan-távolság és Ward-hierarchia módszer segítségével végezte el. A grafikus és térképi megjelenítés alapján bebizonyosodott, hogy Szlovéniában a vízjárást alapvetően a klimatikus viszonyok határozzák meg.

Szlovákia vízfolyásaira kidolgozott tipizálási módszerét HANUSIN, J. először 1999-ben adta közre. 166 kiválasztott vízgyűjtő 20 éves (1976-1995) havi középvízhozam adatait vizsgálta. A legnagyobb és a legkisebb havi lefolyás éves átlaghoz viszonyított értékei szerint határozta meg a fő típusokat, míg az altípusokat a havi közepes vízhozamok éven belüli változékonysága alapján különítette el. Így összesen 5 fő- és 11 altípust alakított ki. Később ezt a rendszert egyéb tényezők felhasználásával több, mint 4500 kisvízgyűjtőre terjesztette ki. A felhasznált fő fizikai paraméterek az évi átlagos csapadékösszeg, a lejtőszög és a tengerszint feletti magasság voltak, melyeket a szántók, illetve a lombos- és tűlevelűerdők területi részesedése egészített ki. Ezzel a módszerrel Szlovákia területének 73 %-át fedte le az 5 vízjárástípussal, melyekről – a tengerszint feletti magassággal való szoros kapcsolatot bizonyító – térkép is készült. (HANUSIN, J. 2000).

Természetesen nem szabad megfeledkezni a Duna-monográfia (RZD 1986) vízjárással foglalkozó fejezeteiről sem, melyek elsőként adnak átfogó képet a folyó

lefolyási viszonyairól. Az azóta kiadott monográfia-pótkötetek között az egyik legújabb a lefolyási viszonyokkal foglalkozó kötet (BELZ, J.-U. et al. 2004), amely a *Duna* és fő mellékfolyóinak hidrológiai jellemvonásait PARDÉ ingadozási együtthatójának karakterisztika-változásain keresztül mutatja be. A 14 felhasznált adatsor (7 közvetlenül a *Dunáról*, 7 pedig a mellékvizekről) tulajdonképpen lehetővé teszi a vízjárás tipizálását, de a teljes vízgyűjtőre rendelkezésre álló kevés információ miatt az nem lehet túl részletes. Az ábrák – ahogyan azokat a szerzők is használják – itt inkább csak illusztrációként, az egyes területek vízjárási jellemzőinek (vízjárástípusának) bemutatására jelennek meg.

3.2.6. A vízjárás-tipizálási módszerek fejlődési útvonalai

A vízjárástípusok meghatározásának itt bemutatott módszereiben számos hasonlóság fedezhető fel, mivel folyamatos fejlődés és egymásrahatás eredményeként jöttek létre. Mindegyik módszer a lefolyás évi menetét vizsgálja, többnyire a nagy- és kisvizek előfordulásának időpontja szerint különítik el az egyes típusokat. Az egyéb felhasznált tényezők terén, amelyek segítségével általában az egyes altípusokat különböztetik meg egymástól, már nagyobb a változatosság.

A vízjárás-kutatás történetének első időszakában a részletes ismeretek hiánya korlátozta a felhasználható módszereket. MARSIGLI korában általában a méretek (hossz, szélesség) számítottak. Később, ahogy a vízfolyásokról egyre több adat és megfigyelés halmozódott fel, egyre újabb tényezőket lehetett bevonni a vizsgálatokba.

A tápláló forrás szerinti csoportosítás VOJEJKOV módszerében jelent meg először, és vált részévé majdnem minden későbbi vizsgálatnak. Volt, aki pusztán táplálás szerint osztályozott (KÉZ A.), de legtöbbször másik mutatót is kapcsoltak hozzá, hogy az egyes típusok vonatkoztatási területeit nagyobb földrajzi régiókra is ki lehessen terjeszteni.

Így került a rendszerbe az éghajlati tényező, amelyet részben már VOJEJKOV is alkalmazott, de igazán csak LVOVICS és BECKINSALE munkáiban kapott nagyobb jelentőséget. Ennek eredményeként egyre nagyobb régiókra, később globális szintre lehetett kiterjeszteni a tipizálási módszereket. Ezzel együtt kezdődött el az egyes típusokat jelölő kódrendszerek kidolgozása is (LVOVICS, később GRIMM), melyek segítségével a nagyobb területen mozaikosan elhelyezkedő különböző vízjárású területek megbízható és áttekinthető módon azonosíthatók és ábrázolhatók lettek.

Az egyéb tényezők közül a domborzati viszonyok vízjárást meghatározó tulajdonságát (pl.: CZAYA, LOVÁSZ GY.), vagy az árhullámok levonulási sebességének eltéréseiből eredő különbözőségeket (pl.: BOGDÁNFY) is több kutató használta fel munkájához.

A tipizálási módszerek fejlődése során megfigyelhető a kutatók azon törekvése, hogy a lehető legnagyobb mértékben csökkentsék az osztályozás szubjektivitását. Ennek az útja a felhasznált tényezők számszerűsítése, kategorizálása volt. Itt az úttörő szerepet PARDE ingadozási együtthatója töltötte be, mellyel megkezdődött a havi középvízhozamok tipizálásban való felhasználásának máig tartó előretörése. A havi közepes vízhozamértékek használatának módszertani bevezetése azért volt lényeges, mert így a nagy- és kisvizek adott helyen való bekövetkezésének időpontjai és ennek változásai is kutatási célponttá váltak. Ezt a mutatót először GRIMM, majd BECKINSALE, azután az elsőként kizárólag lefolyási adatok alapján osztályozó ausztrál kutatók (HAINES és munkatársai), és később a tipizálást új alapokra helyező Skandináv Vízjárasi Munkacsoport is alkalmazta.

Az észak-európai kutatók egészen odáig jutottak, hogy tipizálási módszerüket – néhány egyéb földrajzi tényező figyelembevétele mellett – szinte kizárólag a havi középvízhozamok egyes jellemző értékeire, pontosabban azok éven belüli előfordulási valószínűségére építették, egyben kidolgozták a vízjárás-stabilitási vizsgálatok alapjait is. Az ő munkásságuk képezte a bázisát azoknak a nemzetközi keretek között folyó vizsgálatoknak, melyek eredményeként később közép-európai kutatók (STANESCU, CORBUS, NOVÁKY) kialakították a vízjárás tipizálásnak és stabilitás vizsgálatnak a lehetőség szerinti legkevésbé szubjektív, a jelen dolgozatban is alkalmazott módszerét.

3.3. A vízjárás-stabilitási vizsgálatok módszereinek kialakulása és elterjedése

A vízjárás stabilitásának – tehát az egyes évek vízjárása és a sokévi átlag közötti eltérésnek – tanulmányozása nem vezethető vissza olyan hosszú időre, mint a tipizálás. Bár néhány kutató munkásságában (vö. GODA L. 1987) már korábban is felvetődött a gondolat, a témával – a vízjárás osztályozásnak mintegy a melléktermékeként – csak az 1990-es évek elejétől foglalkoztak. Ebből az is következik, hogy a kutatások során a legtöbb esetben a stabilitás meghatározása mellett elkészült az adott terület vízjárásának tipizálása is.

Az első ilyen jellegű vizsgálatokat a tipizálás területén is eredményes skandináv kutatók végezték. Eleinte csak a vízjárástípusok változékonyságára koncentráltak, csak később kezdtek foglalkozni magával a vízjárás-stabilitással. Egy megfelelően hosszú lefolyási adatsor alapján kimutatták, hogy egy adott vízfolyás évről évre egymástól és a sokévi átlagos vízjárásától nagyon eltérő módon viselkedhet. (KRASOVSKAIA, I. et. al. 1992, 1993, 1994). Ezen változékonyság mértékének meghatározására az entrópián alapuló Shannon-féle mutatót alkalmazták. Itt használták először bemenő adatként az éven belüli hat legfontosabb hidrológiai esemény előfordulási idejét, a havi közepes vízhozamok éven belüli első, második és harmadik legnagyobb, illetve első és második legkisebb értékeit. Ez volt az első eset arra is, hogy az entrópián alapuló számításokat együttesen használták a vízjárás tipizálásához és a stabilitás meghatározására, mégpedig a már említett hidrológiai események előfordulási valószínűségének kiszámításával. (KRASOVSKAIA, I. 1995, 1997) Vizsgálati területként elsősorban az észak-európai régiót vették figyelembe, ahol összesen 7 vízjárástípust különböztettek meg. (KRASOVSKAIA, I. et al. 1997)

A FRIEND együttműködés AMHY regionális munkacsoportja keretében végzett vizsgálatoknál is ezt a módszert alkalmazták, amikor öt európai ország (Románia, Spanyolország, Jugoszlávia, Görögország és Svájc) összesen 443 darab (80 %-ban romániai) állomásának vízjárás stabilitását és vízjárástípusait határozták meg (STANESCU, V. A.–UNGUREANU, V. 1997a, 1997b). Az AMHY adatbázisa és vízrajzi évkönyvek adatai alapján végzett számítások eredményeinek vonatkoztatási területeit a kvázi-homogén fizio-geográfiai tulajdonságok – jelesül a vízgyűjtők közepes tengerszint feletti magasságai és éghajlata – alapján határozták meg, míg a stabilitás alapján öt kategóriát hoztak létre. Ezek alapján három földrajzi stabilitási régiót különítettek el: a nagyon stabil, vagy stabil vízjárású hegyvidéki területeket, a viszonylagosan stabil közepes magasságú zónákat, illetve a viszonylagos instabilitással, vagy instabilitással jellemezhető alföldi térszíneket.

A stabilitás meghatározásának egy másik megközelítése a diszkrimináns időszak hosszát érvényesítő, szintén romániai eredetű, Corbus-féle CS mutató. Ekkor a számításba vett diszkrimináns időszak hossza és az adott hidrológiai esemény ezen időszakon belüli előfordulási gyakorisága adja meg a stabilitást (CORBUS, C. 1999).

A vízjárás-stabilitási vizsgálatok hazai alkalmazhatóságának kutatása az 1990-es évek végén kezdődött. A módszert először a Magyar Hidrológiai Társaság XVIII. Országos Vándorgyűlésén (2000. Veszprém) mutatták be, kísérleti jelleggel 18

magyarországi vízfolyás adatsorain alkalmazták. Rámutattak arra, hogy a stabilitási mérőszám függ az alkalmazott diszkrimináns időszak hosszától, illetve a számításhoz felhasznált adatsornak az abszolút időskálán elfoglalt helyétől is. Az eredmények alapján célszerűnek találták a vizsgálati módszert minél nagyobb számú hazai vízfolyásainkra is kiterjeszteni. (NOVÁKY B. 2000)

A kutatási gyakorlatban a vizsgálatokat egy – a Rába-monográfia elkészítésekor már kipróbált – közös osztrák-magyar projekt keretében használták, amely a Felső-Rába vízjárásával, az esetleges éghajlatváltozás helyi hatásainak kimutathatóságával foglalkozott (BERGMANN, H. et al. 1996, 2001). A VITUKI és a Gráci Műszaki Egyetem közötti együttműködésben 25 állomás adatsorait tanulmányozták a *Rába* Sárvár feletti vízgyűjtőjén, a legújabb vízjárás tipizálási és stabilitás számítási módszerek felhasználásával. A több mint 5500 km²-es területen a klimatikus és domborzati viszonyok figyelembevételével három vízjárástípust határoztak meg. A stabilitás vizsgálatot kétféleképpen is elvégezték: egyrészt a Corbus-módszerrel, másrészt pedig a Shannon-féle entrópián alapuló, de annak alkalmazási korlátai miatt NOVÁKY által módosított változatával is. A Corbus-módszer eredményeit három tematikus térképen ábrázolták és az egyes hidrológiai eseményekhez tartozó stabilitási kategóriákat is meghatározták. A *Rába* vizsgált szakaszára a stabilitási index hosszmenti változását bemutató ábra is készült (NOVÁKY B. et al. 2001).

Következő lépésként ugyanezeket a módszereket alkalmazták a Magyarország teljes területére vonatkozó tanulmányban. Az 52 állomás eltérő hosszúságú adatsorait feldolgozó vizsgálat során kimutatták, hogy a nagyobb folyók alsóbb szakaszainak esetében a vízjárási típusok nem a vízgyűjtő területhez, hanem egy adott folyószakaszhoz vannak hozzárendelve, mivel itt már nem annyira a környező vízgyűjtő, hanem a betorkolló mellékfolyók hatásai alakítják a főfolyó vízjárását. A vizsgálat feltárta a vízjárás stabilitásának egyfajta területi elrendeződését, illetve, hogy a hosszabb folyók stabilitását a felső szakaszuk vízjárása alapvetően meghatározza. Kiderült, hogy a karsztos területekről érkező vízfolyások rendelkeznek a legnagyobb stabilitással, tehát országunkban ezt a mutatót leginkább a felszín alatti tározódás mértéke határozza meg. Kevésbé stabil értékek az erős emberi beavatkozás alatt álló vizek esetében fordultak elő (pl.: *Által-ér*). A nyugati országrész (Dunántúl) folyóinak vízjárási jellemzői nagyobb stabilitást mutatnak a keleti részen fekvő Tisza-vízrendszerénél. Néhány kivételtől eltekintve (Lajta/Hegyeshalom és Mura/Letenye) a nagyvizek stabilitása magasabb a kisvizekénél. Ez valószínűleg részben a stabilabb

klimatikus viszonyoknak, illetve a két említett esetben a különleges mederviszonyoknak köszönhető. Hazánkban a vizsgált vízgyűjtők közül a legkevésbé stabil vízjárású a *Rába*. (NOVÁKY B.–SZALAY M. 2001)

A munkák folytatásaként több ország kutatói – jórészt egymástól függetlenül – megvizsgálták a módszernek a kis- és nagyvizek adatsoraira való kiterjesztheségét is. (NOVÁKY B.–SZALAY M. 2001, STANESCU V. A.–CORBUS, C. 2004)

A különböző területek vízjárásának összehasonlíthatóvá tétele céljából Svájc 53, nagyjából természetes állapotú vízgyűjtőjének 30 éves (1971-2000) napi középvízhozam adatait többek között az entrópián alapuló módszerrel is megvizsgálták. A stabilitás területi eloszlását tekintve mind a maximális, mind pedig a minimális lefolyási értékek tekintetében három-három régiót különítettek el az alpi országban. A vízjárás évenkénti és szezonális változásai mellett kutatták a lefolyást befolyásoló tényezők természetes változékonyságát is (BARBERIS, C. et al. 2003).

Szintén svájci lefolyási adatokat vizsgáltak a Berni Egyetem Földrajzi Intézetének kutatói abból a célból, hogy meghatározzák a vízjárás változékonyságát (stabilitását). Eredményként azt kapták, hogy Svájcban az alpi folyók vízjárása a Midland, vagy a Jura-vidék vizeihez képest kevésbé változékonny. Ezek a vízjárástípushoz köthető eredmények lehetővé teszik azoknak a vízgyűjtőknek a rendszerbe sorolását is, amelyekről nem állnak rendelkezésre adatok. Megvizsgálták az éves vízjárási változásoknak, illetve a PARDE-együttható alapján meghatározott szezonális ingadozásoknak a teljes változékonyságból való részesedését is. Úgy találták, hogy az összes változékonyságot leginkább a szezonális változások határozzák meg, amely különösen igaz a nem alpi vízjárástípusokra (PFAUNDLER, M. et al. 2006).

Az entrópián alapuló módszerek nemzetközi kiterjesztése céljából majdnem a teljes *Tisza* vízgyűjtőre is készült vizsgálat. A négy ország (Ukrajna, Szlovákia, Románia és Magyarország) 40 állomásán mért adatsorok feldolgozása után megállapítható volt, hogy a vízjárástípusok a területen jól követik a klímaelemek domborzathoz kapcsolódó változásait, és az alacsony vizek stabilitása nagyobb a magasvizekéénél. A vízjárási szempontból legstabilabb területek a *Tisza* forrásait övező hegyvidéki régióban találhatók, míg a leginkább instabilnak a *Zagyva* vízgyűjtője tekinthető. (KOVÁCS P.–NOVÁKY B. 2004) A továbbiakban a kutatási terület kiterjedt a teljes Duna-vízgyűjtőre. A 206 állomás adatait feldolgozó vizsgálat eredményei a Duna-monográfia egyik pótkötetként láttak napvilágot, amely egyben jelen dolgozat alapjait is képezi. (KOVÁCS P. 2006a, 2006b)

4. A vizsgálat során felhasznált adatok

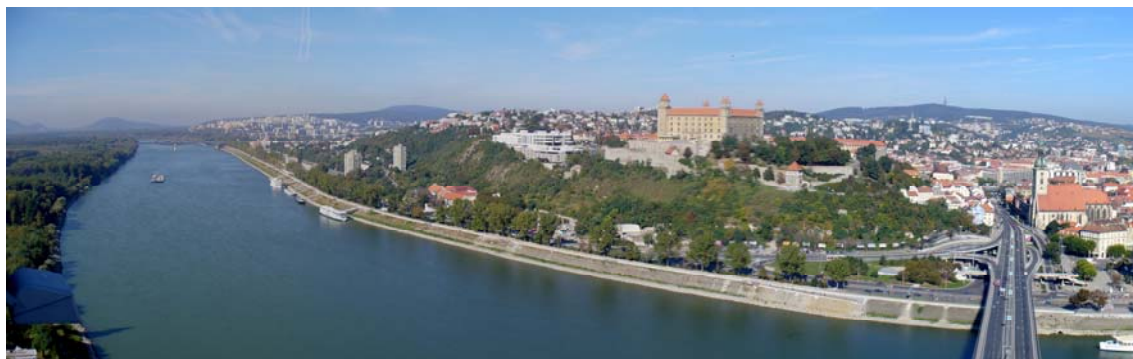
A vízjárástípusok és a stabilitás meghatározásához a vizsgálat során havi közepes vízhozam adatok kerültek felhasználásra. A vizsgálatba bevont adatsorokkal szemben a következő kívánalmak fogalmazódtak meg:

- megfelelő mennyiségű vízhozammérő állomás megfelelő hosszúságú és megbízhatóságú észlelési adatsorára van szükség,
- ezek első megközelítésben a lehető leghosszabb, az 1950 és 2000 közötti időszakra kiterjedő – lehetőleg 50 éves – havi középvízhozam adatsorok legyenek,
- az egy állomás által jellemzett vízgyűjtő terület nagysága 500 és 6000 km² közötti legyen.

Az egy állomáshoz tartozó vízgyűjtőterület méretének korlátozása azért fontos, mert minél nagyobb kiterjedésű a vizsgált vízgyűjtő, annál inkább változhat a vízjárása, mivel a nagyobb folyó eltérőbb éghajlatú területeken folyik keresztül, illetve a betorkolló mellékvizek megváltoztatják vízjárását. A felső korlátozás az adott folyón csak a legfelső állomásoknál került figyelembe vételre, de a nagyobb folyók alsó szakaszain lévő állomásokhoz tartozó nagy kiterjedésű vízgyűjtőterületek esetében már nem érvényesíthető. Az alsó korlát bevezetésére azért került sor, hogy az adatok kiértékelésekor elkerüljük a túlzott mozaikosságot. A kisebb kiterjedésű vízgyűjtőkön jobban érvényesülő, egymástól sok esetben szignifikánsan eltérő helyi földrajzi és éghajlati adottságok és az esteleges emberi beavatkozások által meghatározott vízjárási viszonyok túlságosan eltéríthetik az adott régióról kialakítható általános képet.

Az adatsorok a Duna-vízgyűjtőbeli országok korábban már bemutatott hidrológiai együttműködése keretében kerültek beszerzésre az országok illetékes intézményeitől. A vizsgálatba bevont állomások kiválasztását az adott országok szakértői végezték, így azok egyes helyeken az adatsorok megfelelő hossza, néhol a megszabott vízgyűjtőméretek, másutt az adatok aktuális elérhetősége alapján lettek meghatározva. Emiatt az egyes országokból beérkezett adatsorok nagyon eltérő hosszúságúak voltak: a leghosszabbakelérik vagy meghaladják a 100 éves időtartamot (pl.: Donau/Kienstock, Dunaj/Bratislava (*16. kép*) vagy Duna/Nagymaros), míg a legrövidebbek a 20 évet sem érik el (pl.: Prut/Shireutsi vagy Drina/Zvornik). Mivel nem állt módomban a külföldről érkezett adatok eredetének és megbízhatóságának az ellenőrzése, ezért minden adatsort abban a formában fogadtam el és dolgoztam fel, amelyben az adott országból azt

eljuttatták hozzám. Tehát a vizsgálat folyamán nem került sor semmiféle változtatásra, hiánypótlásra, vagy adatsor-meghosszabbításra, bár lehetséges, hogy az adatgazdák végrehajtottak ilyen műveleteket az adatsorokon.



16. kép: A Duna Pozsonynál

A 206 állomásra kiterjedő vizsgálat időtartama tehát az 1950 és 2000 közé eső 51 éves időszak volt, a felhasznált állomások fontosabb adatai a 9. mellékletben láthatók. Az állomások országokénti megoszlását a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat: A vizsgálatba bevont állomások országokénti megoszlása a Dunai országok által elérhetővé tett adatsorok alapján (KOVÁCS P. 2006a)

Ország	A felhasznált állomások száma	Területi részesedés a Duna vízgyűjtőjében (1000 km ²)	Állomássűrűség (állomás/1000 km ²)
Németország	16	59,6	0,27
Ausztria	34	80,7	0,42
Csehország	6	24,5	0,24
Szlovákia	12	48,5	0,25
Magyarország	38	93,0	0,41
Szlovénia	3	18,0	0,17
Horvátország	5	35,4	0,14
Bosznia és Hercegovina	5	38,3	0,13
Szerbia és Montenegró	26	91,4	0,28
Románia	37	232,2	0,16
Bulgária	8	48,2	0,17
Moldova	3	12,0	0,25
Ukrajna	13	32,5	0,40
Összesen / átlag	206	814,3*	0,25

* A Duna teljes vízgyűjtőterülete 817 000 km², amíg 814,300 km² a jelentős területi részesedéssel rendelkező országok vízgyűjtőre eső területeinek az összege. A hiányzó 2 700 km² 2005-ben 5 periférikus ország között oszlott meg: Svájc, Lengyelország, Olaszország, Albánia és Macedónia, amelyek csekély, 2 000 km²/ország alatti területi részesedéssel rendelkeznek a Duna vízgyűjtőjében.

A 6. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy az állomások átlagos sűrűsége a teljes vízgyűjtőn 0,25 állomás/1000 km², azaz egy állomás átlagosan 4000 km²

vízgyűjtőterületet jellemez. Egyesével vizsgálva az adatsort küldő 13 dunai országot, állomássűrűség szerint három csoport különíthető el a területen:

- 0,13 és 0,17 közötti értékkel 5 ország rendelkezik: Szlovénia, Horvátország, Bosznia és Hercegovina, Románia és Bulgária;
- a 0,25-ös átlagérték körül szintén 5 ország szóródik: Németország, Csehország, Szlovákia, Szerbia és Montenegró és Moldova;
- 0,40 feletti sűrűségértékkel három ország rendelkezik a Duna vízgyűjtőterületén: Ausztria, Magyarország és Ukrajna.

Az állomások sűrűségének a változékonysága azt mutatja meg, hogy az egyes országok közös munkába bevont szakértői a mérőhelyek kiválasztásakor mennyire tudták teljesíteni az egy adatsorhoz tartozó vízgyűjtő kiterjedésére vonatkozó feltételeket. Mivel az egyes országokban számos tényező befolyásolhatja a megfelelő méretű vízgyűjtőhöz kapcsolódó, elegendő hosszúságú és megbízhatóságú adatsorok rendelkezésre állását (pl.: politikai, társadalmi vagy infrastrukturális változások, mesterséges beavatkozások a vízjárásba), lényeges, hogy a vizsgálatban a lehetőség szerinti legtöbb rendelkezésre álló adatot fel kell használni.

Ahhoz, hogy ezt az elvet alkalmazni lehessen, az egy állomáshoz tartozó területtel és az adatsorok hosszával kapcsolatosan néhány engedményt kellett tenni.

A vizsgálatba néhol – megfelelő állomás és adatsor híján – bekerültek a 6000 km²-es kiterjedésnél nagyobb méretű felvizi vízgyűjtők is.

A minimális kiterjedésre vonatkozó határérték az 500 km²-es nagyság volt, azonban a vizsgálatban szerepel 5 darab ennél kisebb kiterjedésű vízgyűjtőterület. Ezen állomások megtartásának oka – a használható adatsorok amúgy sem túl magas száma mellett – az volt, hogy ezek mindegyike 450 méteres tszf. magasság felett, hegyvidéki területen helyezkedik el, ily módon jelentős szerepet játszanak az adott terület vízjárásának meghatározásában. Az 500 km²-es korlátozás hátránya, hogy az egyes kisebb kiterjedésű vízgyűjtők egyéni jellegzetességei be vannak olvasztva a felhasznált észlelőállomásokhoz tartozó nagyobb kiterjedésű területbe. Ez egyben azt is jelenti, hogy az ugyanazon vízfolyáson elhelyezkedő alsóbb állomások adatsorai már magukban hordozzák a felettük levő területek jellemzőit még akkor is, ha felettük található a vizsgálatba bevont állomás. Ilyen esetek természetesen a terület nagyobb vízfolyásain – *Duna*, *Tisza* és jelentősebb mellékfolyóik – fordulnak elő (pl.: a *Sajó* felsőszolcai adatsora tartalmazza a felette levő Slana/Lenartovce és Bodva/Turna állomásokhoz tartozó területek sajátosságait is).

A felhasznált adatsorok közül 131 éri el az 51 éves hosszúságot (az összes állomásnak majdnem 64 %-a), míg a maradék 75 ennél rövidebb időszakra terjed ki. Mivel az adatsorok hossza befolyásolja a vizsgálat végkimenetelét, fontos lett volna az azonos hosszúságú adatsorok megléte. A viszonylag kis számú felhasználható adatsor mindegyikének megőrzése érdekében az adatsorok hosszúságát tekintve 9 éves rövidülés lett megengedve. Ez azt jelenti, hogy azoknak az adatsoroknak az esetében, melyek hossza legkevesebb 42 év, a felhasználásnál és értékelésnél semmiféle korlátozás nem kerül alkalmazásra. Ezek után 196 felhasználható adatsorhoz jutottam, amely az összes mennyiségnek több mint 95 %-a.

A fennmaradó 10 adatsor hosszúsága 11 és 41 év közé esik. Ezek azért maradtak a vizsgálatban, mert elhagyásuk esetén nagy kiterjedésű „fehér foltok” keletkeztek volna a *Duna* vízgyűjtőjének állomáshálózati térképén (10. melléklet), így a vízgyűjtőnek csak egy része vált volna megvizsgálhatóvá. Ezekben az esetekben sem került sor semmilyen statisztikai adatsor-hosszabbító módszer alkalmazására, tehát itt az egyes vízfolyásokra kapott eredmények összehasonlítása korlátozott, de a vizsgálat alapját képező diszkrimináns időszakok meghatározását ez egyáltalán nem befolyásolja.

Földrajzi elhelyezkedés szempontjából a 10 rövidebb adatsor közül 7 észlelési helye az egykori Jugoszlávia területén található. Ezekben az esetekben az adatsorok rövidege legvalószínűbben a terület viharos történelmi és politikai viszonyaival magyarázható, mivel az adathiány legtöbbször a vizsgált időszak végén, az 1990-es években található.

A fennmaradó három rövidebb adatsor közül két állomás Moldovában található, amelynek magyarázata valószínűleg szintén az utóbbi évtizedek politikai változásainak következményei között keresendő. A fennmaradó egyetlen rövidebb adatsort Szlovákia területén, közel a magyar határhoz, a *Hernád* folyónál, Hernádsadányból találjuk (Hornád/Zdana). Az itteni adatsor kezdete valószínűleg egybeesik az észlelés kezdetével. Ebben az esetben sincs szükség az adatsor meghosszabbítására, mivel a magyar oldalon található Hidasnémeti állomás megfelelő hosszúságú adatsorának vizsgálatba való bevonásával lehetőség van az eredmények ellenőrzésére.

Így tehát a *Duna* 817 000 km²-es vízgyűjtőterületéről beérkezett összes, tehát mind a 206 vízhozammérő állomás észlelési adata bekerült a vizsgálatba.

5. A vízjárás tipizálásának és a stabilitás meghatározásának módszerei

A Duna-vízgyűjtő vízjárástípusainak és stabilitásának meghatározásánál a – szakirodalmi áttekintésben már bemutatott – Rába-tanulmány során kidolgozott Nováky-féle módszert alkalmaztam (BERGMANN, H. et al. 2001). Ez az eljárás a viszonylag újszerűnek számító matematikai statisztikai módszereket használja és tudományos előzményeivel együtt hazánkban (NOVÁKY B.–SZALAY M. 2001), illetve kontinensünk számos régiójában dolgoztak már vele.

5.1. Az eljárás alapjai

A vízjárás tipizálásához és a stabilitásának vizsgálatához a korábbi tanulmányokhoz hasonlóan választottam ki a hat hidrológiai eseményt, amelyeknek az éven belüli elfordulási valószínűségét meghatároztam. Ezek sorrendben: az első, második és harmadik legnagyobb, illetve az első, második és harmadik legkisebb havi lefolyás, amelyeket rendre MAX1, MAX2 és MAX3, illetve min1, min2 és min3 jelöl. A lefolyás havi megoszlása az egyes években a sokévi átlaghoz képest természetesen eltérően alakul. Adott évben a legnagyobb havi lefolyás – mint hidrológiai esemény – az átlagot jellemző hónapokhoz képest akár korábban, akár később is jelentkezhet, de lehetséges az is, hogy a legnagyobb havi lefolyás egy adott évben olyan hónapban fordul elő, amelyben a sokévi átlag alapján éppen a legkisebb havi lefolyás a jellemző. Valamennyi hidrológiai eseményre tehát megjelölhető az az időszak, amelyben az adott esemény előfordulása a legvalószínűbb.

Azt az időszakot, amelyre a havi lefolyás eseményeinek előfordulási valószínűségét megvizsgáljuk, diszkrimináns időszaknak nevezzük. Havi léptékű eseményeket vizsgálva a diszkrimináns időszak hossza legrövidebb egy hónap lehet, míg leghosszabb akkor, ha hosszúsága pontosan egy év. Minél hosszabbra nyújtjuk a diszkrimináns időszakot, annál inkább enyhítjük vele a stabilitás feltételét: az adott esemény teljes stabilitásához az is elegendő, ha az minden évben a diszkrimináns időszakban fordul elő. A diszkrimináns időszak megválasztásával az adott eseményre vonatkozó stabilitás (rendezettség) kritériuma befolyásolható: szigorítható vagy enyhíthető. Minél rövidebb ez az időszak, annál szigorúbban fogalmazzuk meg a rendezettség követelményét, és viszont. Ha valamely havi esemény diszkrimináns időszakaként az évet jelöljük ki, az esemény bármely hónapban való előfordulása

rendezett állapotot jelent, nincs rendezetlen állapot és a stabilitás teljes. (NOVÁKY B. 2000)

Ebben a vizsgálatban a diszkrimináns időszak terjedelmét NOVÁKY B.–SZALAY M. (2001) tanulmánya alapján három hónapban határoztam meg.

5.2. A vízjárástípusok meghatározása

A vízfolyások vízjárásának tipizálását annak figyelembevételével végeztem, hogy a fenti, a havi lefolyás éven belüli menetét jellemző hat hidrológiai esemény (MAX1, MAX2 és MAX3, illetve min1, min2 és min3) melyik hónapban, illetve több hónapból álló időszakban, tehát diszkrimináns időszakban fordult elő a leggyakrabban. Így minden vízhozammérő állomásra meghatározásra kerültek az egyes eseményekhez tartozó diszkrimináns időszakok. Ennek alapján az állomásokhoz tartozó vízfolyások vízjárása tipizálható volt, azonos típusba sorolva azokat a mérőhelyeket (és a hozzájuk tartozó vízgyűjtőket, vagy folyószakaszokat), ahol az adott hidrológiai események diszkrimináns időszakai, vagy legalább azok többsége megegyezik; vagy az eltérésük nem haladja meg az egy hónapot.

A diszkrimináns időszakok meghatározása természetesen azon általános érvényű törvényszerűség mentén történt, mely szerint a *Duna* vízgyűjtőterületén a legnagyobb havi lefolyás jellemzően a tél vége és a nyár eleje közé eső időszakban érkezik, míg a legkisebb havi lefolyás általában nyár végétől késő ősziig fordul elő.

A tipizálást a legközelebbi szomszéd elve szerint végeztem el. Az eljárás lényege, hogy a vízgyűjtőket diszkrimináns időszakuk alapján, a hat hidrológiai eseményhez tartozó időszakok egy kiválasztott erőssorrendje szerint úgy kell sorba rendezni, hogy az azonos diszkrimináns időszakú vízgyűjtők egymás mellé kerüljenek. Így érhető el, hogy a közvetlen szomszéd vízgyűjtők vízjárási eseményeinek diszkrimináns időszakai a legkevésbé térjenek el egymástól.

A tipizálás során a már fentebb hivatkozott tanulmány alapján a hat hidrológiai eseménynek a következő erőssorrendjét használtam fel:

MAX1→min1→MAX2→min2→MAX3→min3

Ez az erőssorrend azt jelenti, hogy a vízgyűjtők sorba rendezésénél elsőként azt a feltételt elégítjük ki, hogy a MAX1 eseményhez tartozó azonos diszkrimináns időszakú vízfolyások egymás után következzenek. Ezen a csoporton belül (tehát ahol MAX1 esemény ugyanabban az időszakban van) a sorrendet a min1 eseményhez tartozó diszkrimináns időszakok azonossága határozza meg. A sorrendbe állítás további rendező elve sorrendben a MAX2, a min2, a MAX2 és végül a min3 események diszkrimináns időszakainak azonossága.

A sorba rendezésnél további fontos szempont, hogy a diszkrimináns időszakok a naptári hónapok szerint kövessék egymást. Ez a rendezési eljárás biztosítja, hogy – figyelemmel az események rendezési elvét meghatározó erőssorrendre – adott vízgyűjtő az öt sorrendben megelőzőtől és sorrendben követőtől diszkrimináns időszakait tekintve a legkevésbé tér el, tehát így lehetnek ők a diszkrimináns időszakot tekintve egymásnak legközelebbi szomszédai.

A vízjárástípusok meghatározását, tehát a fenti erőssorrend szerinti csoportosítást a vizsgálatban szereplő, a Tisza vízgyűjtőjén levő 11 romániai állomás adatain keresztül mutatom be. Az állomások földrajzi helyzete a sorszám alapján a 10. melléklet térképén határozható meg. A hat hidrológiai eseményhez itt meghatározott diszkrimináns időszakok a következők (a 7. táblázat részlet az 12. mellékletből):

7. táblázat: A hat hidrológiai esemény diszkrimináns időszakai a példaként kiválasztott 11 állomáson

No.	Vízfolyás	Állomás	Hidrológiai események					
			MAX1	MAX2	MAX3	min3	min2	min1
146.	Viseu	Bistra	IV-VI	III-V	III-V	IX-XI	IX-XI	XII-II
147.	Tur	Turulung	II-IV	II-IV	III-V	VIII-X	VIII-X	VIII-X
148.	Somesul Mare	Beclean	III-V	III-V	III-V	VIII-X	IX-XI	VIII-X
149.	Lapus	Lapusel	II-IV	II-IV	III-V	VIII-X	IX-XI	VIII-X
150.	Somes	Satu Mare	II-IV	II-IV	II-IV	VIII-X	IX-XI	IX-XI
151.	Crisul Repede	Vadu Crisului	IV-VI	V-VII	IV-VI	IX-XI	IX-XI	IX-XI
152.	Crisul Negru	Tinca	I-III	II-IV	II-IV	VI-VIII	VIII-X	IX-XI
153.	Crisul Alb	Gurahont	II-IV	II-IV	XI-I	VIII-X	IX-XI	VIII-X
154.	Mures	Alba Iulia	III-V	III-V	I-III	IX-XI	IX-XI	IX-XI
155.	Aries	Turda	III-V	III-V	IV-VI	VIII-X	IX-XI	IX-XI
156.	Tarnava Mare	Medias	III-V	III-V	II-IV	IX-XI	VIII-X	IX-XI

Az első lépésben a MAX1 esemény (első legnagyobb havi lefolyás) diszkrimináns időszakainak időrendjébe rendezzük az állomásokat. Ezután a MAX1 eseményhez azonos időszakkal tartozó állomások között a min1 esemény (első legkisebb havi lefolyás) diszkrimináns időszakai határozzák meg az időrendi sorrendet. Ekkor a következőképpen alakul az előző táblázat (8. táblázat):

8. táblázat: A példaként kiválasztott 11 állomás sorrendje a MAX1 és min1 események előfordulási időszakai alapján történt rendezés után

No.	Vízfolyás	Állomás	Hidrológiai események					
			MAX1	MAX2	MAX3	min3	min2	min1
152.	Crisul Negru	Tinca	I-III	II-IV	II-IV	VI-VIII	VIII-X	IX-XI
147.	Tur	Turulung	II-IV	II-IV	III-V	VIII-X	VIII-X	VIII-X
149.	Lapus	Lapusel	II-IV	II-IV	III-V	VIII-X	IX-XI	VIII-X
153.	Crisul Alb	Gurahont	II-IV	II-IV	XI-I	VIII-X	IX-XI	VIII-X
150.	Somes	Satu Mare	II-IV	II-IV	II-IV	VIII-X	IX-XI	IX-XI
148.	Somesul Mare	Beclean	III-V	III-V	III-V	VIII-X	IX-XI	VIII-X
154.	Mures	Alba Iulia	III-V	III-V	I-III	IX-XI	IX-XI	IX-XI
155.	Aries	Turda	III-V	III-V	IV-VI	VIII-X	IX-XI	IX-XI
156.	Tarnava Mare	Medias	III-V	III-V	II-IV	IX-XI	VIII-X	IX-XI
151.	Crisul Repede	Vadu Crisului	IV-VI	V-VII	IV-VI	IX-XI	IX-XI	IX-XI
146.	Viseu	Bistra	IV-VI	III-V	III-V	IX-XI	IX-XI	XII-II

A következőkben a MAX2, min2, MAX3 és min3 események diszkrimináns időszakai azonosság esetén ugyanígy jelölik ki az egyes állomások csoporton belüli sorrendjét. Ennek megfelelően a 11 állomás végső sorrendje a következő (9. táblázat):

9. táblázat: A példaként kiválasztott 11 állomás végső sorrendje

No.	Vízfolyás	Állomás	Hidrológiai események					
			MAX1	MAX2	MAX3	min3	min2	min1
152.	Crisul Negru	Tinca	I-III	II-IV	II-IV	VI-VIII	VIII-X	IX-XI
147.	Tur	Turulung	II-IV	II-IV	III-V	VIII-X	VIII-X	VIII-X
149.	Lapus	Lapusel	II-IV	II-IV	III-V	VIII-X	IX-XI	VIII-X
153.	Crisul Alb	Gurahont	II-IV	II-IV	XI-I	VIII-X	IX-XI	VIII-X
150.	Somes	Satu Mare	II-IV	II-IV	II-IV	VIII-X	IX-XI	IX-XI
148.	Somesul Mare	Beclean	III-V	III-V	III-V	VIII-X	IX-XI	VIII-X
156.	Tarnava Mare	Medias	III-V	III-V	II-IV	IX-XI	VIII-X	IX-XI
154.	Mures	Alba Iulia	III-V	III-V	I-III	IX-XI	IX-XI	IX-XI
155.	Aries	Turda	III-V	III-V	IV-VI	VIII-X	IX-XI	IX-XI
151.	Crisul Repede	Vadu Crisului	IV-VI	V-VII	IV-VI	IX-XI	IX-XI	IX-XI
146.	Viseu	Bistra	IV-VI	III-V	III-V	IX-XI	IX-XI	XII-II

A vízjárástípusok meghatározásánál (csoportosítás) tehát a vízgyűjtőknek a fenti elv szerint rendezett sorából lehet kiindulni azzal a feltétellel, hogy két egymással nem legközelebbi szomszéd vízgyűjtő akkor lehet azonos típusba sorolható, ha a köztük lévő valamennyi terület (tehát a legközelebbi szomszédjaik is) az adott vízjárástípusba kerül. Megfordítva, két legközelebbi szomszéd vízgyűjtő vagy azonos típusba kerül, vagy éppen a két szomszéd között van a típusváltás, és ezért kerülnek különböző vízjárástípusba.

A vízgyűjtők csoportokba való összevonása természetesen együtt jár az adott csoporthoz és hidrológiai eseményhez tartozó diszkrimináns időszakok változásával: az új időszak olyan mértékben megnövekszik, hogy meghosszabbodva átfedje az adott

csoportba (típusba vagy altípusba) sorolt vízgyűjtők egyenkénti diszkrimináns időszakait.

Az összevonással kapott adott vízjárástípuson belül a legkevésbé illeszkedőnek azokat a vízgyűjtőket tekinthetők, melyeknek az adott típusba sorolása a diszkrimináns időszak kényszerű, legalább két hónapos növekedésével járt együtt.

A vízjárás fő- és altípusainak meghatározásakor is a fenti erősortrendet vettem figyelembe: olyan területek kerültek egy főtípusba, melyeknek MAX1 eseményhez tartozó diszkrimináns időszakai teljesen azonosak, és az időszak hossza nem haladja meg a minimális három hónapot. Az altípusokat egymástól a min1 események diszkrimináns időszakai különböztetik meg. Itt is törekedtem a három hónapos időtartam megtartására, de az altípusok számának minimalizálási szándéka miatt – azonos altípusba sorolás mellett – több esetben megengedtem a diszkrimináns időszak legfeljebb egy hónapos eltolódását, megnövekedését. Ez az eljárás meglehetősen szubjektívvá teszi a tipizálást, azonban jelentősen megkönnyíti a kiértékelést.

A fentiek alapján az előző példában szereplő 11 romániai állomás csoportosítása, vízjárási típusokba sorolása a következőképpen végezhető el (10. táblázat):

10. táblázat: A példaként kiválasztott 11 állomáshoz tartozó vízjárástípusok

No.	Vízfolyás	Állomás	Hidrológiai események						Típus*
			MAX1	MAX2	MAX3	min3	min2	min1	
152.	Crisul Negru	Tinca	I-III	II-IV	II-IV	VI-VIII	VIII-X	IX-XI	1
147.	Tur	Turulung	II-IV	II-IV	III-V	VIII-X	VIII-X	VIII-X	2
149.	Lapus	Lapusel	II-IV	II-IV	III-V	VIII-X	IX-XI	VIII-X	
153.	Crisul Alb	Gurahont	II-IV	II-IV	XI-I	VIII-X	IX-XI	VIII-X	
150.	Somes	Satu Mare	II-IV	II-IV	II-IV	VIII-X	IX-XI	IX-XI	
148.	Somesul Mare	Beclean	III-V	III-V	III-V	VIII-X	IX-XI	VIII-X	3/a
156.	Tarnava Mare	Medias	III-V	III-V	II-IV	IX-XI	VIII-X	IX-XI	3/b
154.	Mures	Alba Iulia	III-V	III-V	I-III	IX-XI	IX-XI	IX-XI	
155.	Aries	Turda	III-V	III-V	IV-VI	VIII-X	IX-XI	IX-XI	
151.	Crisul Repede	Vadu Crisului	IV-VI	V-VII	IV-VI	IX-XI	IX-XI	IX-XI	4/a
146.	Viseu	Bistra	IV-VI	III-V	III-V	IX-XI	IX-XI	XII-II	4/b

* Az itt szereplő vízjárástípus jelölések nem egyeznek meg a teljes vizsgálat típusaival.

A 10. táblázatban szereplő folyók négy főtípusba és összesen hat altípusba sorolhatók, melyek a fentebb ismertetett módszer szerint lettek meghatározva. Az altípus összevonásoknál – mint itt a 2. főtípus esetében – általában a földrajzi távolság és a diszkrimináns időszakok lehető legnagyobb mértékű hasonlósága használható fel. Ebben az esetben ez megnöveli a min1 eseményhez tartozó diszkrimináns időszak hosszát. Az egyes vízjárástípusokhoz tartozó megnövekedett diszkrimináns időszakok a 11. táblázatban vannak összefoglalva (az egyes események alatti számok a hozzájuk tartozó diszkrimináns időszakok aktuális hosszát jelölik).

11. táblázat: Az egyes vízjárástípusokhoz tartozó diszkrimináns időszakok ideje és hossza a példaként kiválasztott 11 állomás esetében

Típus*	MAX1		MAX2		MAX3		min3		min2		min1	
1	I-III	3	II-IV	3	II-IV	3	VI-VIII	3	VIII-X	3	IX-XI	3
2	II-IV	3	II-IV	3	XI-V	7	VIII-X	3	VIII-XI	4	VIII-XI	4
3/a	III-V	3	III-V	3	III-V	3	VIII-X	3	IX-XI	3	VIII-X	3
3/b	III-V	3	III-V	3	I-VI	6	VIII-XI	4	VIII-XI	4	IX-XI	3
4/a	IV-VI	3	V-VII	3	IV-VI	3	IX-XI	3	IX-XI	3	IX-XI	3
4/b	IV-VI	3	III-V	3	III-V	3	IX-XI	3	IX-XI	3	XII-II	3

* Az itt szereplő vízjárástípus jelölések nem egyeznek meg a teljes vizsgálat típusaival.

Míg a MAX1 eseménynél a tipizálás szabályaiból adódóan kizárólag 3 hónap lehet az időszak hossza, jól látható, hogy a harmadik eseményeknél (MAX3, min3) ez akár a duplájára is növekedhet.

A teljes vizsgálat 206 állomásához tartozó vízjárástípusok a 13. mellékletben láthatók.

Az így meghatározott vízjárástípusok térképen is ábrázolhatók (14. melléklet). Az egyes kategóriákat a legtöbbször az adott állomáshoz tartozó részvízgyűjtőre vonatkoztatva lehet bemutatni. Azokban az esetekben, amikor egy nagyobb vízfolyás egy szakaszának (pl.: a *Duna*, vagy a *Tisza* alsóbb szakaszai) vízjárástípusa kerül meghatározásra, a meglehetősen összetett hidrológiai viszonyok miatt ott a típus csak az adott észlelőállomáshoz tartozó folyószakaszra, és nem a teljes vízgyűjtőterületre vonatkoztatható.

5.3. A vízjárás stabilitásának számítása

A vízjárás stabilitásának vizsgálatakor – csakúgy, mint a tipizálásnál – hat hidrológiai esemény – az első, második és harmadik legnagyobb (MAX1, MAX2, MAX3), illetve az első, második és harmadik legkisebb (min1, min2, min3) havi lefolyások – előfordulási valószínűségének mutatószáma kerül felhasználásra.

A stabilitás meghatározására az elmúlt évtizedek során több módszert is kidolgoztak. Közülük leginkább két mutató használata terjedt el:

- az entrópián alapuló Shannon-féle mutatónak a vízjárás változékonysága jellemzésére KRASOVSKAIA, I. (1995) által bevezetett alakja, amelyet nemzetközi, több országra kiterjedő vizsgálatokban is alkalmaztak (STANESCU, V. A. –UNGUREANU, V. 1997a, 1997b);
- a CORBUS, C. (1999) által bevezetett, a román vízfolyások vizsgálatánál felhasznált mutató.

A hazai kutatások során is a fenti két mutatót alkalmazták, de emellett kidolgozásra került egy ezeknél hatékonyabban használható módszer is. A **Nováky-féle stabilitási index** tulajdonképpen a Shannon-mutató továbbfejlesztett változata, amelyben sikerült kiküszöbölni elődje alkalmazhatósági korlátait (NOVÁKY B.–SZALAY M. 2001). Ezáltal lehetővé vált a vízjárás stabilitásának nagyobb kiterjedésű területeket (pl.: a *Duna* vízgyűjtőjét) átfogó vizsgálata is.

5.3.1. A Shannon-féle entrópiát mérő mutató és módosítása

A Shannon-féle mutató felhasználásával végzett korábbi vizsgálatokban a már ismert hat hidrológiai esemény (E_j , $j=1,2,\dots,6$) egyenkénti stabilitását jellemző $H(E_j)$ mutatószám

$$H = \sum_{j=1}^6 H(E_j) \quad (1)$$

összegével jellemezték. Adott E_j esemény stabilitását a

$$H(E_j) = p_j \times \ln p_j + (1 - p_j) \ln(1 - p_j) \quad (2)$$

alakú mutató méri, ahol p_j az adott esemény előfordulásának valószínűsége valamely, az éven belül megválasztott diszkrimináns időszakban, $1 - p_j$ pedig ugyanezen eseménynek a komplementer időszakban való előfordulási valószínűsége.

A fenti (2) egyenlet szimmetrikus, tehát $H(p_j) = H(1 - p_j)$. Ezért a Shannon-féle mutató felhasználásával alkotott H stabilitási index csak akkor alkalmazható, ha $p_j > 0,5$, tehát az előfordulási valószínűség a választott diszkrimináns időszakban 50% feletti.

Ezen korlátozás feloldásának egyik módja a NOVÁKY által módosított mutató (N) használata:

$$N = - \sum_{j=1}^4 p_j \times \ln p_j \quad (3)$$

Ebben az esetben a vízjárás stabilitásának jellemzésére a választott diszkrimináns időszak hosszának megfelelően felosztott év időszakaira külön-külön számítjuk az adott esemény előfordulási valószínűségét, és abból számítjuk a Shannon-féle mutatót. Jelen vizsgálatban a diszkrimináns időszak 3 hónap, így az évet négy, egyenként 3 hónapos időszakra osztjuk fel. Az adott esemény Nováky-mutatója tehát:

$$N = -[p_1 \times \ln p_1 + p_2 \times \ln p_2 + p_3 \times \ln p_3 + p_4 \times \ln p_4] \quad (4)$$

ahol p_1 az esemény diszkrimináns időszakban, p_2, p_3 és p_4 az azon kívül, de a diszkrimináns időszakkal azonos tartamú időszakokban való előfordulás valószínűsége. Nyilvánvaló, hogy fennáll a

$$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1 \quad (5)$$

egyenlőség.

A fentiek alapján természetesen nemcsak az éves vízjárásnak, mint egésznek, hanem az egyes hidrológiai eseményeknek, vagy kiválasztott eseménycsoportoknak (pl.: a három magasvizi esemény együttesének) a stabilitása is meghatározható. Így a nagyvízi események összevont stabilitási mutatója

$$N_{MAX} = N(MAX1) + N(MAX2) + N(MAX3), \quad (6)$$

a kisvízi események összevont stabilitási mutatója

$$N_{min} = N(min 1) + N(min 2) + N(min 3), \quad (7)$$

míg a hat esemény együttes stabilitási mutatója (az adott folyószakasz vízjárásának stabilitása) a fenti kettő összege, tehát

$$N_R = N_{MAX} + N_{min}. \quad (8)$$

5.3.2. A vízjárás stabilitás értékelése

Az ilyen módon meghatározott stabilitás értékek mind az egyes eseményeknél, mind pedig az összevont mutatók esetében különböző határértékek felhasználásával osztályozhatók. Az egyes stabilitási kategóriák határainak megválasztása szubjektív, még nincsenek általános érvényű kategória határok. Vizsgálatomban a NOVÁKY B.–SZALAY M. (2001) által kialakított kategóriahatárokat alkalmaztam (12. táblázat), melyek összhangban állnak a témában korábban készített tanulmányokban alkalmazottakkal (vö. CORBUS, C. 1999, STANESCU, V. A.–UNGUREANU, V. 1997a, 1997b).

12. táblázat: A stabilitás empirikus minősítése a Nováky-féle stabilitási index alapján

N(MAX1),...,N(min3)	N _{MAX} ; N _{min}	N _R	A stabilitás foka*	
<0,28	<0,84	<1,68	Nagyon stabil	NS
0,28-0,92	0,84-2,76	1,68-5,52	Stabil	S
0,92-1,24	2,76-3,72	5,52-7,44	Viszonylag stabil	VS
1,24-1,39	3,72-4,17	7,44-8,34	Viszonylag instabil	VI
>1,39	>4,17	>8,34	Instabil	I

*A stabilitás fokának itt bemutatott rövidítési a későbbiekben a vízjárás stabilitásának időbeni változásait bemutató ábrákra kerülnek felhasználásra.

A 12. táblázat a különböző mutatók stabilitását öt kategóriába sorolja. A Duna-vízgyűjtő folyóinak vízjárás-stabilitását mutató táblázatban (15. melléklet) az egyes kategóriákhoz tartozó értékeket egymástól az eltérő betűstílus különbözteti meg a következők szerint:

- Nagyon stabil: **aláhúzott félkövér**
- Stabil: **félkövér**
- Víznyomlag stabil: normál
- Víznyomlag instabil: *dőlt*
- Instabil: *aláhúzott dőlt*

Az egyes víznyomlagok vízjárásának stabilitása térképen kétféleképpen jeleníthető meg:

- az azonos stabilitású pontokat izovonalakkal lehet összekötésével,
- vagy az azonos stabilitási kategóriába tartozó területek (vízgyűjtők) folytszerű lehatárolásával.

A mellékletek között a következő öt izovonalas stabilitási térkép található (16.-20. mellékletek):

- a hat esemény összevont stabilitása [N_R]
- a magasvízi események stabilitása [N_{MAX}]
- a kisvízi események stabilitása [N_{min}]
- az első legnagyobb havi középvízhozam stabilitása [$N(MAX1)$]
- az első legkisebb havi középvízhozam stabilitása [$N(min1)$]

Az egyes vízfolyások vízjárásának stabilitását megadó entrópia értéke függ a számításhoz megválasztott észlelési időszak hosszától, tehát a vizsgált évek számától, valamint a vizsgálatba bevont éveknek az abszolút időn belül elfoglalt helyétől, miközben a számítás alapjául szolgáló időszak a diszkrimináns időszak kiválasztását nem, vagy csak kevésbé érinti. Ezért arra kell törekedni, hogy a felhasznált adatsorok ugyanarra az időszakra vonatkozzanak, mert ellenkező esetben az egyes vízfolyások vízjárás stabilitási mutatóinak egybevetése csak korlátozottan történhet meg.

Mind a diszkrimináns időszakok azonosítására, mind pedig a stabilitási index kiszámítására SZALAY M. által kidolgozott számítógépes szoftver áll rendelkezésre (NOVÁKY B.–SZALAY M. 2001). A 83. számú Duna-Nagymaros állomáshoz (17. kép) tartozó számítási eredménylap a 11. mellékletben látható.



17. kép: Vízhozammérés a Dunán Nagymarosnál árvíz idején

6. Vízjárástípusok a Duna vízgyűjtőterületén

A Duna vízgyűjtőterületén a vízjárástípusok a módszertani fejezetben olvasható terminológia alapján, annak az átlános törvényszerűségnek a figyelembe vételével lettek kialakítva, mely szerint a legnagyobb havi lefolyás általában a tél vége és nyár eleje között, míg a legkisebb havi lefolyás a leggyakrabban a nyár vége és ősz vége közötti időszakban fordul elő. Az egyes hidrológiai eseményekhez tartozó diszkriminációs időszakok éven belüli elhelyezkedése is ehhez a rendszerhez igazodik. A vizsgálatban felhasznált 206 állomáson az egyes hidrológiai eseményekhez (MAX1, MAX2, MAX3, min1, min2, min3) meghatározott diszkriminációs időszakok az 12. melléklet táblázatában találhatók. Szintén a módszertani fejezetben található az egyes részvízgyűjtők különböző típusokba való besorolásának leírása. Ennek alapján került sor a 206 állomás konkrét vízjárástípusokba való beosztására, amelynek eredménye az egyes állomásokra vonatkozóan az 13. mellékletben, a típusok oldaláról megközelítve pedig a 13. táblázatban láthatók.

13. táblázat: Vízjárástípusok a Duna vízgyűjtőterületén

Vízjárás-típus és altípus	MAX1	MAX2	MAX3	min3	min2	min1	Az egy altípusba tartozó rész-vízgyűjtők száma
1	X-XII	X-VI	X-VI	VI-IX	VI-IX	VIII-X	4
2	XII-II	XII-IV	II-V	VI-XI	VII-XI	VII-XI	4
3/a	I-III	I-V	XII-V	VII-XI	VII-X	VII-X	4
3/b	I-III	II-IV	II-IV	VI-X	VIII-XI	IX-XI	4
4/a	II-IV	XII-VI	XI-VI	VI-XII	VII-XI	VII-X	48
4/b	II-IV	II-IV	I-VI	VIII-I	VIII-XI	IX-XI	5
4/c	II-IV	II-IV	III-V	VIII-XI	IX-I	XI-II	2
5/a	III-V	XI-VI	I-VII	VII-I	VII-XI	VII-X	27
5/b	III-V	II-VII	I-VII	VII-I	VIII-XII	IX-XII	15
5/c	III-V	III-VI	II-VII	VII-III	VIII-I	XII-II	5
6/a	IV-VI	II-VI	XI-VI	VI-XII	VII-XI	VIII-X	8
6/b	IV-VI	II-VIII	II-VII	VII-II	VIII-XII	IX-XI	13
6/c	IV-VI	III-VII	III-VIII	IX-III	VII-III	XII-II	28
7/a	V-VII	IV-VII	IV-VII	X-III	X-I	X-I	6
7/b	V-VII	IV-VII	IV-IX	X-IV	IX-III	XII-III	21
8/a	VI-VIII	III-VI	IV-VI	IX-I	IX-I	IX-XII	5
8/b	VI-VIII	III-VIII	IV-VIII	IX-III	IX-III	XII-III	7
A részvízgyűjtők száma összesen:							206

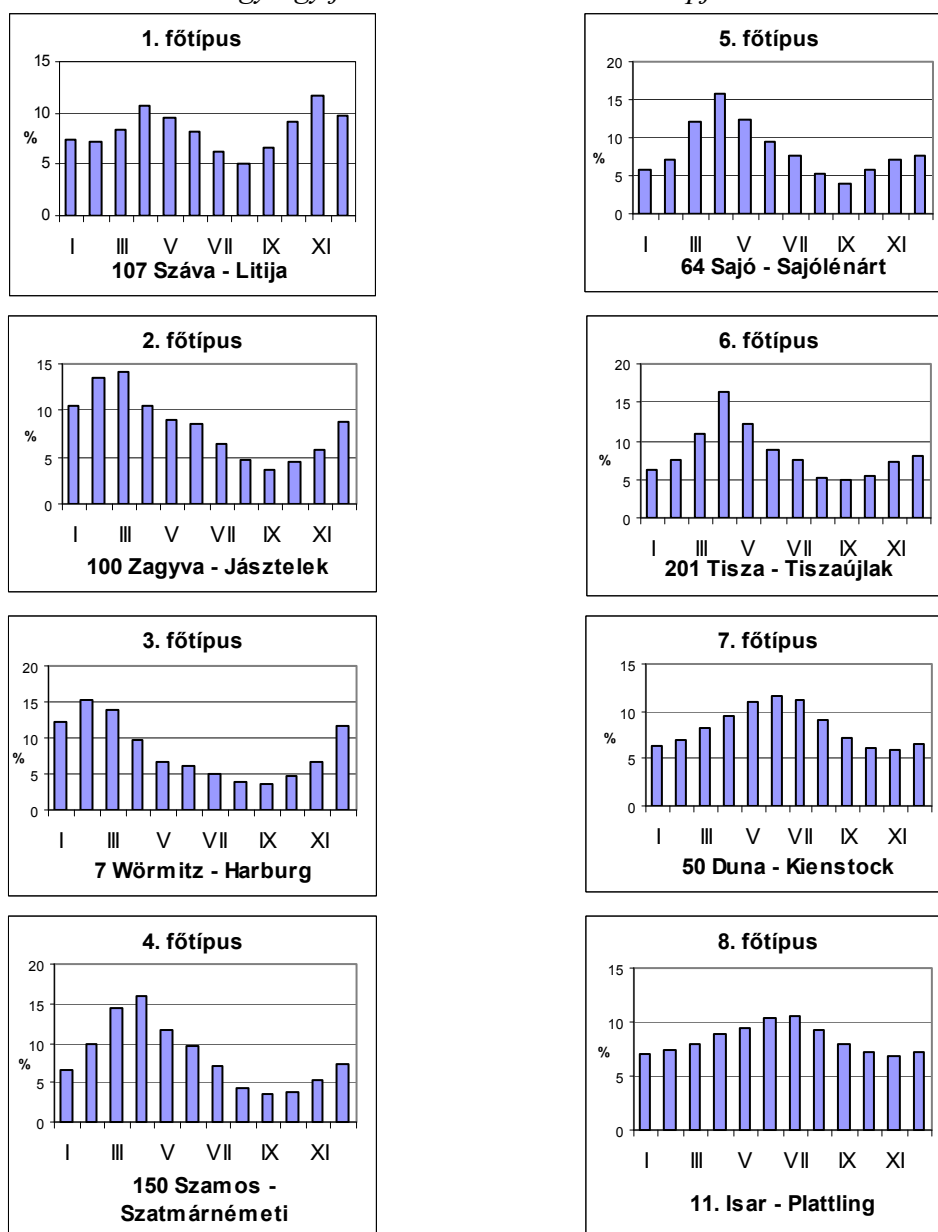
A Duna-vízgyűjtő 206 állomása a jellemző vízjárási tulajdonságok alapján – többé-kevésbé szubjektív módon – összesen 8 főtypusba és 17 altípusba került

besorolásra. Az egyes hidrológiai események előfordulási ideje az éven belül meglehetősen széles skálán változik. A két legfontosabb esemény, az első legnagyobb (MAX1) és az első legkisebb havi lefolyás (min1) megjelenései jól tükrözik a globális éghajlati rendszernek a *Duna* vízgyűjtőjére vonatkozó szabályszerűségeit: a magasvizek az év első felében, míg az alacsonyvizek általában az év második részében következnek be. Ezt az általános képet nagyon sok lokális tényező módosítja, melyeknek köszönhetően a nagyvízi időszak előbb jelentkezhet, illetve augusztusig is elhúzódhat, míg a kisvízes időszak akár júliustól a következő év márciusáig is eltarthat *Duna* és mellékfolyóinak vízgyűjtőin.

A 13. táblázatban az eredeti diszkrimináns időszakok hosszának – a metodológiának megfelelően – szükségszerű megnövekedése figyelhető meg. Ez az időszak-növekedés a rendszerbe kevésbé illeszkedő 29 állomás miatt történt, ami a teljes mennyiség 14 %-át jelenti. Ezekben az esetekben a csoportosítás és a létrehozott altípusok számának mérséklése érdekében a min1 eseményhez tartozó diszkrimináns időszak hosszát az adott típusban egy hónappal ki kellett terjeszteni (pl.: a 2, 4/a, vagy 7/a típusoknál). Emellett van néhány olyan altípus is, ahol a növekedés ennél nagyobb mértékű, legkevesebb két hónap lett (pl.: a 4/a, vagy 5/a típusok harmadik számú eseményeinél). Ez valószínűleg a rövidebb adatsorokkal, az antropogén befolyásoló tényezőkkel, illetve a módszer korlátainak meglétével magyarázható. A diszkrimináns időszakok meghosszabbodása – főként a rangsorban hátul levő harmadik eseményeknél – nyilvánvalóan annál nagyobb valószínűséggel fordul elő, minél több eleme van az adott kategóriának.

A *Duna* vízgyűjtőterületén kialakított vízjárásí főtípusok jellegzetes vízjárásí képei egy-egy jellemző állomás diagramjával szemléltetve a 3. ábrán láthatók. A 8 diagramon – a főtípusok számozásának emelkedésével – a maximális nagyvízi időszaknak az év elejéről a nyári időszakba való folyamatos eltolódása figyelhető meg. A legnagyobb vízhozamok előfordulásai alapján ugyancsak jól követhető a MAX1 eseményhez tartozó, a vízjárásítípust meghatározó diszkrimináns időszakok három hónapos egységeinek megjelenése. Az diagramokon az is látható, hogy a típusok többségénél évente egy vízjárásí csúcs fordul elő, kivéve az 1. főtípust, ahol az összetett éghajlati hatásoknak köszönhetően két csúcs jelentkezik egy éven belül. Ezen a területen a teljes vízgyűjtőre jellemző nyugat-keleti irányú, az óceániból egyre kontinentálisabbra változó klíma mellé dél felől a szomszédos mediterrán éghajlatra jellemző csapadékviszonyok is társulnak.

3. ábra: A lefolyás havi megoszlása a vízjárási főtipusokban egy-egy jellemző állomás adatai alapján



A vízjárástípusok területi eloszlása az 14. melléklet térképén látható. A vízfolyások felső szakaszain a vízjárás típusa az adott részvízgyűjtőhöz területileg van hozzárendelve és altípusonként eltérő színnel van megjelölve. Ezzel szemben a nagyobb folyók (Duna, Száva, Tisza, Maros, Körös) alsóbb szakaszainál a vízjárási osztályok nem a vízgyűjtő területéhez, hanem a vízfolyás adott szakaszaihoz társulnak, mivel itt már nem annyira az adott állomást körülvevő vízgyűjtő, hanem a betorkolló mellékfolyók hatásai alakítják a főfolyó vízjárását. Ebben az esetben a folyó futását követő színes vonal, illetve a mellette található felirat jelöli az adott szakasz vízjárástípusát. A kétféle ábrázolási mód közötti, meglehetősen nehezen definiálható

határvonalat a vízjárás típusának – általában egy, vagy több mellékfolyó betorkollásával alátámasztott – hirtelen és jelentős megváltozása mutatja meg.

A 14. melléklet térképén elég nagy kiterjedésű fehér foltok is láthatók. Elsődlegesen ez azt jelenti, hogy az adott területről nem sikerült semmiféle hasznosítható vízjárási információt beszerezni. Ilyen például a *Duna* és sok mellékfolyó alsó, torkolat közeli szakasza. Másrészt viszont azokban az estekben, amikor a vízjárás típusa nem a vízgyűjtőhöz, hanem a folyószakaszhoz lett meghatározva, és a térképen betűkkel jelölve, a közvetlenül az adott állomáshoz tartozó vízgyűjtőterület szükségszerűen fehér kellett, hogy maradjon.

6.1. A területileg meghatározott vízjárástípusok

Az **első vízjárási főtípusba** a *Száva* folyó felső vízgyűjtőjén, Szlovéniában és Horvátország nyugati részén fekvő négy terület tartozik. Az egész Duna-vízgyűjtőn itt jelentkezik a legkorábban, már október és december között a havi középvízhozamok első maximuma, a MAX1 esemény. A másik két nagyvízi esemény ezzel szemben elég jelentős időbeli eltéréssel következik be: a második és harmadik maximumok előfordulásai között akár fél éves időkülönbség is lehetséges. A MAX2 és MAX3 események általában március-áprilistól júniusig fordulnak elő, de néhány esetben ősszel, az első maximummal megegyező időszakban jelentkeznek. Az első legkisebb havi lefolyás ennél a vízjárástípusnál általában augusztus és október között észlelhető, míg a másik két kisvízi esemény megjelenése leggyakrabban a nyári, június és szeptember közötti időszakra tehető. Az 1. főtípus folyóin a vízjárás tehát meglehetősen kétarcú képet mutat, amely minden bizonnyal annak tudható be, hogy a terület két jelentős éghajlati övezet határvidékén helyezkedik el. A nagyvizek lefolyását leginkább a téli víztöbblettel jellemezhető mediterrán hatások szabályozzák, de néhány esetben előfordul a kontinentális klíma jelenlétére utaló tavaszi maximum is. Ezzel szemben a kisvízi viszonyokat jobbra a kontinentális éghajlat irányítja a nyár végi vagy őszi vízhiányok által, de egy-két helyen megfigyelhetők a nyár közepi kisvizek is, amelyek a valódi mediterrán éghajlat jellegzetességei.

A **második főtípus** egy különleges csoport, mivel négy területileg különálló vízgyűjtő alkotja. Közülük három szétszórva a Kárpát-medence középső régiójában (*Sió*, *Zagyva*, *Fehér-Körös* alsó), a negyedik pedig a többtől meglehetősen nagy távolságra, a *Duna* forrásvidékén (Donau/Berg), a Fekete-erdőben helyezkedik el.

Ebben a csoportban az első maximum általában télen, december és február között, a második és harmadik maximum pedig kora tavasszal, vagy szintén télen fordul elő. A kisvízi események itt egyidőben, leggyakrabban ősszel, néha nyár végén jelentkeznek. Ezeket a körülményeket valószínűleg a Duna-vízgyűjtőn egyszerre jelenlévő óceáni és mediterrán eredetű, nedves légtömegeket szállító áramlások különböző együtthatásai, illetve az adott területen érvényesülő lokális hatások (pl.: domborzati viszonyok, a Balaton szerepe) hozták létre.

A **harmadik főtípushoz** tartozó vízgyűjtők az előzőkhöz hasonlóan, szétszórtan helyezkednek el a *Duna* vízgyűjtőjében. Közös jellemzőjük, hogy az első legnagyobb havi lefolyás általában január és március között figyelhető meg területükön. A csoportba tartozó 8 vízgyűjtő arányosan két altípusba sorolható.

A **3/a vízjárási altípus** esetében a második és harmadik maximumok diszkrimináns időszaka nagyon változékony: a közös terminus akár hat hónapos is lehet (13. táblázat). A három minimum gyakran ugyanabban az időben, a nyár közepe (június-július) és október között jelentkezik. Az altípusba tartozó négy vízgyűjtő közül három a Bajor-medence peremi területein (*Vils*, *Wörmitz*, *Donau/Neu Ulm-Bad Held*), egy pedig a Kárpát-medence dél-nyugati részén (*Kapos*) fekszik.

A **3/b altípusba** szintén négy terület került a Duna-vízgyűjtő három egymástól távoli régiójából: a *Fekete-Körös* 2 részvízgyűjtője a Kárpát-medencéből, a bajorországi *Naab* és a Dinári-hegységbeli *Kolubara* folyók vízgyűjtői. Ebben a csoportban a hidrológiai események előfordulásai az előző típusokhoz viszonyítva sokkal egységesebb képet mutatnak. A MAX1 esemény értelemszerűen január és március, a másik két maximum egységesen február és április között fordul elő. A legalacsonyabb havi lefolyás általában szeptember és november között, a másik két minimum pedig nyáron vagy ősszel figyelhető meg.

A harmadik főtípusba tartozó vízgyűjtők között lévő nagy földrajzi távolságok okát minden bizonnyal ismét a különböző helyi folyamatok között lehet keresni, mivel a Duna-vízgyűjtő rendelkezésre álló tematikus térképein – a meglévő felbontási viszonyok mellett – nem sikerült általános, minden csoport-elemre egyformán érvényesíthető törvényszerűséget felfedezni.

A *Duna* vízgyűjtőterületén a legnagyobb számú részvízgyűjtőt a **negyedik vízjárási főtípus** tartalmazza. Három altípusába összesen 55 terület tartozik. Ezek közös jellemzője a február és április között érkező első havi vízjárási maximum mellett

az, hogy az előző típusokkal ellentétben itt már megjelennek a nagyobb földrajzi régiókat összefüggően lefedő, azonos típusba tartozó területek is.

A **4/a altípus** összesen 48 részvízgyűjtőt tartalmaz. Ezek esetében – a főtípusra jellemző február és április között észlelhető MAX1 esemény mellett – a második és harmadik maximumok bekövetkezései novembertől júniusig több mint hat hónapos változékonyságot mutatnak. A kisvízi események természetesen a másik félévben, tehát június és december között jelentkeznek, amelyen belül a min1 események általában júliustól októberig tapasztalhatók. A diszkrimináns időszakoknak a nagy számú ide tartozó vízfolyás miatti megnövekedései a *13. táblázatban* is jól nyomon követhetők. Az altípusba tartozó vízgyűjtők földrajzi szempontból – néhány különálló terület kivételével – többé-kevésbé összefüggő régiókat alkotnak, melyek az összes morvaországi, a legtöbb kisalföldi, illetve kelet-dinári-szerbiai terület mellett Erdély nyugati vidékén, illetve az Északi-Kárpátok déli részén, egy széles sávban húzódnak. Elmondható, hogy – már csak nagy létszáma miatt is – ez a legelterjedtebb altípus a Duna-vízgyűjtőn, elemei a legnyugatibb alpi és nyugat-dinári régiók kivételével szinte minden térségben jelen vannak.

Öt vízfolyás, a *Regen*, a *Szamos*, a *Kraszna*, az *Ondava* és a *Kisuca* tartozik a **4/b altípusba**. Itt a MAX2 esemény a MAX1-el egyidőben, február és április között jelentkezik, míg a MAX3-nak az előző altípushoz hasonlóan hosszú, hat hónapos időszaka van. A min1 esemény a 4/a altípushoz képest általában egy-két hónappal később, szeptembertől novemberig fordul elő, míg a másik két minimum esetében ismét hosszabb, 4-6 hónapos tartamokkal kell számolni, de minden esetben csak augusztust követően.

A Duna-vízgyűjtő legkisebb létszámú csoportja a **4/c altípus**, amely két elemből áll: a *Nagyág* és a *Jijia* folyók tartoznak bele. A két vízfolyáson a nagyvízi események körülbelül ugyanabban az időben érkeznek: az első és második maximum február és április között, a MAX3 egy hónappal később. A vizsgált három minimum általában ősszel, vagy télen jelentkezik: a legkorábban a min3, augusztustól kezdődően, a legkésőbb a min1, novembertől februárig figyelhető meg. Érdeemes megjegyezni, hogy ebben az altípusban a legkisebb és legnagyobb havi lefolyás előfordulásai között nincs meg a megszokott, nagyjából féléves időbeli távolság, hanem a két eseménycsoport diszkrimináns időszakai majdnem átfedésben vannak, alig egy hónappal térnek el egymástól. Emiatt a két folyó vízjárása jelentősen különbözik a környezetükben tapasztalhatóktól, amely minden bizonnyal valamilyen lokális hatásra alakult így. Mivel

számottevő antropogén beavatkozásról nem sikerült információt szerezni (PASOI, I. 2004 és a *Nagyág* esetében személyes tapasztalat), az okokat valahol a helyi természeti tényezők között kell keresni. Az is valószínű, hogy más-más jelenségek hatottak a két folyóra, mivel földrajzi környezetük is nagyon különböző: a *Nagyág* magashegységi (18. kép), a *Jijia* alföldi térszíneken folyik, de a rendelkezésre álló tematikus térképek alapján a pontos okokat nem sikerült feltárni.



18. kép: Az áradó Nagyág Ökörmezőnél

Az **ötödik főtípusba** inkább a hegyvidéki jellegű területek tartoznak, mint az Északnyugati-Kárpátok legmagasabb vonulatainak folyói, néhány kelet-alpi terület, a Dinaridák nagy részének és a Balkán-hegység vizsgált vízgyűjtőinek többsége. Emellett azonban az Erdélyi-medence és az Észak-Alföld által a síkabb vidékek is képviselve vannak az altípusokban. A főtípus egységes tulajdonságaként az első maximumok március és május közötti előfordulása mellett a második és harmadik események időszakainak a nagyobb mértékű, akár féléves elhúzódása jelölhető meg.

Huszonhét vízfolyás tartozik az **5/a altípusba** a *Duna* vízgyűjtőjében. Ebben a csoportban az első maximum három (március-május), az első minimum négy hónapig tart (július-október), de a többi hidrológiai esemény (második és harmadik minimumok és maximumok) időszakai hosszabbak, általában 5-8 hónapig tartanak. Földrajzi elterjedését tekintve az altípusba sorolhatók a délen húzódó hegyvidékek (a Dinaridák

nyugati és középső része és a Balkán-hegység), illetve néhány kisebb terület a síkvidékek peremi régiójából (a *Lajta*, a *Fischa* vízgyűjtői a Bécsi-medence pereméről, a *Rába* középső szakasza és a Kisalföldről, vagy a magyarországi Felső-Tisza-vidék az Alföld északi részén).

Az **5/b vízjárási altípus** 15 vízgyűjtőt tartalmaz. A márciustól májusig megfigyelhető első maximum mellett itt az első minimum szeptember és december között észlelhető. A többi esemény meghosszabbodott periódusa 5-7 hónapra tehető. A Magas-Tátra környéki vízgyűjtők mellett a *Maros* felső folyása az Erdélyi-medence belsejében, valamint néhány kisebb osztrák közvetlen *dunai* mellékvíz került ebbe az altípusba.

Az **5/c csoportba** több egymástól elszigetelt, önálló vízgyűjtő sorolható. Az *Olt* felső folyása mellett három alpi folyó (*Rába*, *Gurk*, *Salza*) felső szakasza tartozik ide, összesen 5 állomással. Ezt az elkülönülést valószínűleg klimatikus okok határozzák meg, mert a hegységközi völgyek viszonylagosan szárazak (vö. 6. melléklet). Az első események itt is három hónaposak (MAX1: március-május, min1: december-február), míg a többiek általában 4-9 hónapig húzódnak.

A **hatodik főtípus** részvízgyűjtői – néhány kivételtől eltekintve – leginkább a Duna-vízgyűjtő keleti részén, a Keleti- és a Déli-Kárpátok környékén fordulnak elő. A három altípus esetében az első legnagyobb havi lefolyás általában április és június között következik be.

A **6/a altípusnál** az első legalacsonyabb havi lefolyások az augusztus és október közötti, a MAX1 eseményhez hasonlóan, három hónapos időszakban mérhetők. A második események két hónappal tovább tartanak (MAX2: februártól júniusig, min2: júliustól novemberig), míg harmadik események 6-8 hónapos időszakkal jellemezhetők. Az altípusnak három vízgyűjtője van a Dinári-hegységben (*Moravica*, *Tara*, *Piva*), ugyancsak három a Déli-Kárpátok déli lejtőin húzódik (*Oltet*, *Prahova*, *Zsil*), míg egy a Balkán-hegységben található (*Rositza*). Szembetűnő (vö. 14. melléklet), hogy ezek nem képeznek nagyobb összefüggő területet, inkább elszigeteltebben, kissé szétszóródva helyezkednek el.

A **6/b altípus** esetében – a tavaszi, kora nyári első legnagyobb havi lefolyás mellett – a min1 események leggyakrabban szeptembertől novemberig tartó háromhavi időszakban észlelhetők. Ehhez képest a többi események (MAX2, MAX3, min2, min3) időszakai sokkal hosszabbak, 5-8 hónaposak. A csoportba tartozó vízgyűjtők az Északkeleti-Kárpátoknak a medence belseje, az Alföld felé néző, délnyugati lejtőin

fednek le nagyobb összefüggő területet (Felső-Tisza-vidék). Emellett ide tartoznak még a Temes-Béga-rendszer vízfolyásai és az Erdélyi-középhegység északi részének vizeit szállító *Sebes-Körös* is. A 6/b altípusban van egy különleges helyzetű terület az Északi-Kárpátokban, a *Gölnic* vízgyűjtője. Itt a vízjárás típusa minden valószínűség szerint azért tér el jelentősen a környezetétől, mert a keleti irányba nyitott völgy magas hegyláncokkal (az Alacsony-Tátra és a Szlovák-érchegység vonulataival) van körülvéve, egyben elzárva az uralkodó nyugatias áramlatoktól.

A 6. főtípus legnépesebb részegysége a **6/c altípus**, amely 28 elemével a Duna-vízgyűjtő második legnagyobb létszámú csoportja. Nagyvizei tavasszal, néha nyáron, kisvizei általában a téli időszakban jelentkeznek (min1: december-február). A második és harmadik események időtartama itt is hosszabb, 5-9 hónap. Ez az altípus tekinthető a teljes Duna-vízgyűjtő legkeletiesebb jellegű vízjárástípusának, mivel a hozzá tartozó vízgyűjtők túlnyomórészt a Kárpátok fő vonulataitól keletre-délkeletre húzódnak. A *Tisza* és néhány mellékvízének (*Tarac*, *Visó*) forrásvidékei mellett a *Prut*, a *Szeret* és mellékfolyóik felső szakaszai tartoznak ebbe a csoportba.



19. kép: A Lajta a felső állomásnál, az ausztriai Deutsch Brodersdorfban

Ezekén felül négy, többnyire északkeleti kitettségű völgygel rendelkező alpi vízfolyás (*Lajta felső* (19. kép), *Iller*, *Gail*, *Saalach*) sorolható még az altípusba, ahol a domborzati-éghajlati hatások mellett néhány esetben a vízjárás szabályozásában a vízgyűjtő földtani felépítése is fontos szerepet játszik. Különösen igaz ez azokon a

területeken, amikor a karsztosodó és nem karsztos kőzetek zónái közötti éles határvonalon halad át a folyó (vö. a 3. és 14. mellékletek térképeit). A *Gail* esetében ezt a hatást a Gail-völgyi-Alpok mészkő-és dolomittömbjei, az *Iller* felső szakaszán az Allgäui-Alpok vonulatai, a *Saalachnál* pedig a Kaisergebirge és a Steinernes Meer okozhatják.

A **hetedik vízjárási főtípus** kizárólag az alpi régió folyóit tartalmazza. Két altípusában a nagyvízi események mindig április után kezdődnek, és általában a nyár közepéig észlelhetők. A legalacsonyabb vízhozamok általában a téli hónapokban mérhetők, de az alacsony vizek legkorábban már októberben is megjelenhetnek.

Az első, **7/a alcsoportba** három vízgyűjtő terület tartozik az *Iller*, a *Lech* és az *Ammer* folyókon. Ezek egy viszonylag jól körülhatárolható, többé-kevésbé összefüggő területet alkotnak az Bregenzi-erdő, a Lech-völgyi- és a Bajor-Alpok vonulatai környékén. A nagyvizek itt általában április és július között érkeznek, míg a kisvizes periódus akár fél évig is elhúzódhat.

A **7/b altípus** jelenti az alpi régió fő vízjárástípusát, mivel húsznál is több vízgyűjtője áll az Eurázsiai-hegységrendszer ezen tagjának klimatikus és domborzati befolyása alatt. A nagyvizes időszak – az előző altípushoz hasonlóan – általában júliusig lezárul, bár néhány esetben akár szeptemberig is elhúzódhat. A kisvizek a hófelhalmozódás miatt leggyakrabban a téli félévben, szeptember és március között jelentkeznek.

Szintén az Alpok területén találhatók a **nyolcadik főtípus** vízgyűjtői. Ezek a területek a hegységrendszernek a *Duna* vízgyűjtőjére eső legmagasabb régióit jelölik ki, ahol a vízjárást klimatikus szempontból leginkább a hóolvadás szabályozza. Ebből következően két altípusában a nagyvizek a teljes Duna-vízgyűjtőn a legkésőbbi időpontban, nyáron észlelhetők.

Az *Isar* folyóé a **8/a altípusba** sorolt egyetlen vízgyűjtőterület. Az első vízjárási maximum bekövetkeztét minden bizonnyal a forrásvidék hóviszonyai határozzák meg (a MAX1 esemény június és augusztus között van), míg a másik két nagyvízi esemény korábbi időpontját (márciusban, vagy áprilisban kezdődnek) már az alsóbb folyószakaszokon megjelenő síkvidéki környezet hatásai is befolyásolhatják. A kisvizek egységesen az ősz végi-tél eleji időszakban, leggyakrabban október és december között mutatkoznak.

Az igazi magashegységi vízjárástípus a **8/b csoport**. Az ide tartozó vízgyűjtőkön az első maximumokat június és augusztus között, az első minimumokat pedig

decembertől márciusig várhatjuk. Természetesen azért nagyvízi események korábban, már márciustól előfordulhatnak, de legkésőbb augusztusig befejeződnek. Az alacsony vizek legkorábbi érkezésére szeptemberben lehet számítani, viszont áprilisig szinte minden esetben megkezdődik a vízszintek emelkedése. Ez a tipikusan hóolvadás és gleccservizek által meghatározott vízjárás, amely leginkább az *Inn*, a *Salzach* és még néhány kisebb vízfolyás felső szakaszaira jellemző (az *Inn* esetében a Bernina-csoport, a *Salzachnál* a Magas-Tauern gleccserei okán). A 6. melléklet térképén látható, hogy ezek a területek viszonylag szárazak, kevesebb csapadékot kapnak. Például az *Inn* völgyének nyugat-keleti irányultságú felső szakasza jellegzetes hegységközi szárazvölgynek tekinthető, mivel 600-700 mm átlagos csapadéka mindössze fele a környező hegyvonulatokon észlelhetőnek.

6.2. A vízjárástípusok hosszmenti alakulása a nagyobb vízfolyásokon

Azoknál az állomásoknál, amelyek több, akár egymástól szignifikánsan eltérő vízjárástípussal jellemezhető mellékvízfolyás összetalálkozása után, tehát már egy nagyobb folyón helyezkednek el, a vízjárástípusok nem a vízgyűjtőterületekhez, hanem az adott folyószakaszokhoz lettek hozzárendelve. Itt a vízjárást már nem annyira a környező térség természeti viszonyai, hanem a beérkező mellékvizek határozzák meg.

A Duna-vízgyűjtőben az így kiemelt nagyobb folyók: néhány forrásközei részvízgyűjtő kivételével a *Duna* és a *Száva*, illetve a *Tisza* és fontosabb mellékvizeinek (*Körös*, *Maros*) alsóbb szakaszai. Ezen tizennyolc esetben a vízjárástípus a folyó futását követő vonallal és a vízjárási altípust azonosító betűjelzéssel került megjelölésre az 14. mellékletben.

A vízjárás típusa vízfolyások hossza mentén folyamatosan változik. Ha ezt a jelenséget a főfolyó, a *Duna* mentén vizsgáljuk, a forrásoktól a nagy mellékfolyók, a *Dráva*, a *Tisza* és a *Száva* torkolatvidékéig egy lineáris elmozdulás figyelhető meg. A forrásvidéken a vízjárás típusa a 2. és 3. csoportba került, míg Hofkirchen állomástól lefelé haladva az altípusok kategóriája 6/a-tól folyamatosan 8/a-ig emelkedik. Ez azt jelenti, hogy a *Dunának* ezen a szakaszán az első legnagyobb havi vízhozamok előfordulásai (a MAX1 események) nyugatról kelet felé haladva fokozatosan egyre későbbre, a télből a nyári időszakra tevődnek át. Ez a folyamat a magashegységekre jellemző vízjárásnak a beérkező mellékfolyók által biztosított egyre nagyobb mértékű megjelenése miatt figyelhető meg.

A *Tisza* és a *Száva* betorkollása után a két folyó korábban beérkező nagyvizei a *Duna* vízjárástípusát 5/a-ra módosítják, ami az első havi legnagyobb vízhozamok előfordulásában három hónapos visszacsúszást jelent. Az Alsó-Duna-áttörés után, a Román-alföld területén a típus 6/b-re változik, míg a legalsó vizsgált dunai állomáson, Giurgiuban 5/b típusú vízjárás a jellemző.

A *Száva* alsó szakaszának vízjárását elsősorban a Dinári-hegységből érkező mellékfolyók határozzák meg. Míg a forrásvidéken fekvő alpi vízgyűjtők erőteljes mediterrán hatásra az 1. főtípusba kerültek, a Dinaridákban eredő mellékfolyók vízjárástípusa – néhány montenegrói folyószakasz kivételével – mindenütt 5/a. Ennek köszönhetően a *Száva* alsó szakasza is az 5/a altípusba került besorolásra.



20. kép: A *Tisza* Tiszapalkonyánál

A *Tisza* esetében a helyzet ennél egy kicsit bonyolultabb, mivel vízrendszere számos nagy mellékfolyó hatása által szabályozott. Itt a vízjárástípusok folyószakaszhoz rendelése Tiszapalkonya állomástól (20. kép) kezdődik, mivel az alatta elhelyezkedő mellékvizek vízjárásai akár jelentősen eltérhetnek a felette levőektől (vö. Zagyva/Jásztelek), de adatok hiányában alig van róluk információ. A *Tisza* altípusa önmagában – a mellékfolyók „zavarása” nélkül – 5/b (Szolnoknál és Újbecsénél), de a *Körös* és a *Maros* alsó szakaszainak 6/b kategóriája Szegednél is 6/b-re módosítja a vízjárástípust.

A folyók futásához rendelt vízjárástípusok esetében megfigyelhető az, hogy az egyes altípus-kategóriák hosszabb folyószakaszokhoz köthetők. A Vaskapu feletti Duna-szakaszon az összes meghatározott altípus a-val van jelölve (6/a, 7/a, 8/a és 5/a), míg a Román-alföld területén csak b-vel jelölt altípusok fordulnak elő. Ezen felül a leghosszabb mellékfolyó, a *Tisza* esetében szintén csak b-vel jelölt altípusok láthatók. Ez a jelenség mutathatja azt is, hogy a *Dunán* a Vaskapu felett a hidrológiai események az adott vízjárási főtípusra jellemző időszaknak inkább az első felében fordulnak elő, míg az Alsó-Duna mentén és a *Tiszán* az időszak második felében jellemzőbbek. Sokkal valószínűbb azonban, hogy mindez csupán a véletlen műve, illetve a vízjárás tipizálás szubjektivitásának a következménye.

6.3. A tipizálás eredményeinek korábbi vizsgálatokkal való összehasonlítása

Abban az esetben, ha a vizsgálatunk eredményeit reálisan akarjuk megítélni, mindenképpen össze kell vetni azokat korábbi, hasonló módszerrel készült, vagy azonos területre vonatkozó tanulmányokkal is. A *Duna* vízgyűjtőterülete esetében ebből a szempontból két régebbi kutatás vehető számításba. Az egyik NOVÁKY B.–SZALAY M. (2001) munkája, amely az általam is használt módszerekkel vizsgálta meg Magyarország területét, a másik pedig GRIMM, F. (1968) műve, aki tipizálási módszerét Európa egész területére dolgozta ki, így az értelemszerűen magában foglalja a teljes Duna-vízgyűjtőt is.

A tanulmányok értékelése során nem szabad figyelmen kívül hagyni a módszertani, adatbázis-, idő- és térbeli eltérésekből eredő különbségeket, tehát az esetleges hasonlóságokat és eltéréseket is a megfelelő körültekintéssel kell értelmezni.

6.3.1. A Duna-vízgyűjtőbeli és a magyarországi vízjárástípusok összehasonlítása

Ahogy már a korábbi fejezetekben is olvasható, NOVÁKY B. és SZALAY M. (2001) a vízjárás tipizálásához és regionalizálásához szükséges törvényszerűségek feltárása céljából összesen 52 hazai vízhozammérő állomás adatait vizsgálta meg. A Duna-vízgyűjtőn általam felhasznált módszer teljes egészében megegyezett az általuk hazánkra alkalmazottal, ezért az eredmények bár kisebb területen, de jó összehasonlítási lehetőséget biztosítanak. Meg kell azonban jegyezni, hogy a fentebb részletesen

ismertetett módszer egyik korláta, hogy az adatsorok hosszának, vagy a vizsgált időszak időbeli elhelyezkedésének különbségei akár jelentősen módosíthatják az ugyanarra az állomásra vonatkozó eredményeket.

A korábbi tanulmányban Magyarország területére 5 főtypust, az altípusokkal együtt összesen 8 vízjárástípust jelöltek ki. Ezzel szemben jelen vizsgálatban a 8 főtypus majd mindegyike (az 1. kivételével), összesen 11 vízjárástípus érinti kisebb-nagyobb mértékben hazánk területét.

Összességében elmondható, hogy a mindkét kutatásban felhasznált 25 állomásra kapott eredmények közül az első legnagyobb havi lefolyás (a MAX1 esemény) bekövetkezési időszakai többé-kevésbé megegyeznek. Tizenegy állomás esetében az eltolódás 1 hónapos, az újabb munkában általában késés. A későbbi vizsgálatban Gyula, Sarkad és Jásztelek állomásokon a legnagyobb az eltérés, itt a MAX1 esemény időpontja két hónappal került korábbra. A min1 események viszonylatában a leggyakoribb eltérés szintén 1 hónapos. Az esemény 5 állomás esetében korábbra, háromnál későbbre került. A maximális különbség Szentgotthárdon és Szolnokon jelentkezett a későbbi vizsgálatban, két hónapos késés formájában. A fennmaradó négy hidrológiai eseménynél is általában egy-két hónapos differenciák figyelhetők meg, kivéve Mórchida állomást, ahol a MAX3 esemény diszkrimináns időszaka az újabb vizsgálatban négy hónappal későbbre került.

A vízjárástípusok területi elrendeződésének tekintetében is inkább hasonlóságok fedezhetők fel. Általában ugyanazok a vízgyűjtők kerültek azonos vízjárástípusba mindkét esetben, de természetesen néhány különbség is látható a térképeken. Például a NOVÁKY-féle vizsgálatban azonos főtypusba került a *Zala* és a *Marcal*, illetve a Balatontól délre fekvő területek, míg a későbbi vizsgálatban ezek eltérő csoportba tartoznak. A *Körösök* esetében ugyancsak megfigyelhetők az eltérések, de az egyes mellékfolyók (*Fehér*-, *Fekete*-, *Sebes-Körös* és *Berettyó*) vízjárástípusainak különbözőségei mindkét tanulmányban hasonlóképpen jelennek meg.

Az itt felsorolt hasonlóságok és eltérések vizsgálatakor azt is figyelembe kell venni, hogy a két tanulmány bár azonos területen, de eltérő állomáshálózattal készült. A későbbi vizsgálat például a Balaton környékét egyedül a *Sió* simontornyai adatsorával jellemzi, míg a korábbi munkához több kisebb, a Balatonba torkolló patak adatsorait is felhasználták. Ennek ellenpéldája a *Rába* esetében figyelhető meg. Az újabb kutatás az árpási adatsor felhasználásával vízjárástípusbeli kapcsolatot teremt a folyó jobb és bal parti mellékvizei (*Rábca* és *Marcal*) között, míg az árpási (21. kép) adatok nélkül

készült korábbi tanulmányban a *Rába* mentén ugyanezen a területen vízjárási típushatár húzódik.



21. kép: A Rába árpási vízmércéje

6.3.2. A Duna-vízgyűjtő és Európa vízjárástípusainak összehasonlítása

A teljes európai kontinensre kiterjedően GRIMM, F. (1968) az elsők között dolgozta ki a vízjárástípusokat. Mint az időszak több más kutatója, ő is PARDÉ rendszeréből indult ki, néhány új mutató bevonásával azt fejlesztette tovább. Kontinensünkön 9 főtypusban összesen 55 vízjárástípust különített el, amelyekből 54-et térképen is ábrázolt. Ennek a térképnek a *Duna* vízgyűjtőjére eső kivágata a 8. mellékletben látható. Ahhoz, hogy a térkép kivágatot értelmezni lehessen, át kell tekinteni a tipizálási módszer főbb lépéseit.

6.3.2.1. Grimm vízjárástipizálási módszere

GRIMM, F. (1968) eljárása a vízjárástípusokat a havi középvízhozamok tekintetében három szempont alapján csoportosította:

- az első és második maximumok időpontja és nagysága,
- a legnagyobb lefolyási minimum időpontja és nagysága

- és az éves lefolyás mértéke.

Ezen három mutató alapján minden típushoz hozzárendelhető egy betűkből és számokból felépülő kód, amely megmutatja az adott terület jellegzetes vízjárási tulajdonságait. A térképen szereplő jelzések értelmezhetősége céljából itt a kódban szereplés sorrendjében kerülnek bemutatásra az egyes tulajdonságokhoz tartozó kategóriák.

6.3.2.1.1. A lefolyás-maximumok

Az első maximumok esetében a bekövetkezés időpontja szerint GRIMM két hónapos időszakokat választott ki, mely alapján 9 csoportot állított fel (az egymáshoz közeli kéthavi időszakok összevonásra kerültek):

H1 (ősz 1)	szeptember+október, vagy október+november
H2 (ősz 2)	november+december
W1 (tél 1)	december+január, vagy január+február
W2 (tél 2)	február+március
F1 (tavasz 1)	március+április
F2 (tavasz 2)	április+május
F3 (tavasz 3)	május+június
S1 (nyár 1)	június+július
S2 (nyár 2)	július+augusztus

A második maximumokat négy kategóriába sorolta: H (ősz), W (tél), F (tavasz) és S (nyár).

Az első maximumok nagyságát relatívértéken vette figyelembe a következő képlet szerint:

$$SK_{\max} = \frac{MQ_{\text{kéthavi}}}{MQ_{\text{év}}} \quad (9)$$

ahol SK tulajdonképpen a PARDE-féle ingadozási együttható továbbfejlesztése, míg MQ a vízhozam m³/s-ben megadva.

Az első maximumok intenzitásának (erősségének) jelölésére GRIMM három kategóriát adott meg, amelyek értékei az 14. táblázatban láthatóak. Az intenzitás

jelölése az időszakot jelző betű megkétszerezésével, illetve megháromszorozásával történik.

14. táblázat: A középvízhozamok 1. maximumának intenzitási kategóriái
GRIMM, F. (1968) szerint

	SK értéke	Jelölése például
Alacsony és közepes maximum	1,4-2,5	F1
Erős maximum	2,6-3,9	FF1
A lefolyás túlnyomó része a maximumhoz tartozó kéthavi időszakban érkezik	4,0-6,0	FFF1

A második maximumok megjelölése a főmaximum felé nyitott kacsacsőrrel történik: pl. F1>H; W2>S; H1>F; FF2>H; stb. A harmadik kategóriában a második maximumok jelentősége elhanyagolható, ezért az nem kerül megjelölésre.

Kiegyensúlyozott vízjárás esetén, amikor vízjárásmaximumok időpontja csak közelítően meghatározható, a legnagyobb vízhozamú időszak jele elé egy X-et kell helyezni. Ez akkor fordul elő, ha az ingadozási együttható éves értéke 2 alá csökken, tehát $SK_{év} < 2$. Európában három ilyen eset fordult elő, melyek jelzései: XW, XF1 és XF3.

6.3.2.1.2. A lefolyási minimumok

A lefolyási minimumokat időpont szerint három kategóriába sorolta:

- w lefolyási minimum a téli félévben
- s lefolyási minimum a nyári félévben
- t a lefolyási minimum a nyári és téli időszakra is elhúzódik

A kiszáradás mértéke szerint két csoportot alakított ki:

- f (nedves) az év száraz szakaszában csak kismértékű a kiszáradás, a három egymást követő legszárazabb hónap közepes lefolyása nem csökken 2 l/s km² alá.
- t (száraz) erős kiszáradás a száraz időszakban, a három egymást követő legszárazabb hónap közepes lefolyása 2 l/s km² alá csökken.

A fentiek kombinációjából 5 különböző vízszegény periódus különíthető el:

- fs csekély kiszáradás, lefolyásminimum a nyári félévben
- fw csekély kiszáradás, lefolyásminimum a téli félévben
- ts erős kiszáradás, lefolyásminimum a nyári félévben

tw erős kiszáradás, lefolyásminimum a téli félévben

tt erős kiszáradás, lefolyási minimum a nyári és téli időszakra is elhúzódik

6.3.2.1.3. Az éves fajlagos lefolyás

Az éves fajlagos vízhozzájárulás tekintetében GRIMM három kategóriát különített el:

A: az éves fajlagos lefolyás 2 l/s km^2 alatt

B: az éves fajlagos lefolyás $2\text{-}20 \text{ l/s km}^2$ között

C: az éves fajlagos lefolyás 20 l/s km^2 felett

6.3.2.1.4. A vízjárástípusok és csoportosításuk

Tehát ezek alapján jöttek létre az egyes vízjárástípusok jelzései, amelyekből példaként bemutatok néhányat:

H1Bfw	Lefolyásmaximum az ősz 1 kategóriában (H1, szeptember+október, vagy október+november); SK_{\max} : 1,4-2,5; éves lefolyás: $2\text{-}20 \text{ l/s km}^2$ között; lefolyásminimum a téli félévben, csekély kiszáradás
FF2>HCfs	Lefolyásmaximum a tavasz 2 kategóriában (F2, április+május); ősszel van a második maximum; SK_{\max} : 2,6-3,9; éves lefolyás 20 l/s km^2 felett; lefolyásminimum a nyári félévben, csekély kiszáradás
FFF1Att	A lefolyás túlnyomórészt március-áprilisban érkezik (F1 kategória); SK_{\max} : 4,0-6,0; éves lefolyás 2 l/s km^2 alatt; lefolyásminimum erős kiszáradással nyáron, ősszel és télen
XW	Egyenletes éven belüli vízjárás; az éves ingadozási együttható értéke 2 alatti ($SK_{\text{év}} < 2$); téli lefolyásmaximum

Ilyen módon kialakult Európában 55 – európai vízfolyásokról elnevezett – vízjárástípus, amelyeket tulajdonságaik hasonlósága (első maximum időpontja és intenzitása, a második maximum megléte, vagy hiánya és a száraz periódus kiszáradásának mértéke) alapján 9 csoportba (főtípusba) sorolt a szerző. GRIMM a csoportok elnevezését a lefolyt vízmennyiség származási helyének (a tárolóközeg típusa; a táplálóforrás) különbségei szerint végezte, igazodva a korábban PARDE által megalkotott kategóriákhoz (15. táblázat).

15. táblázat: *Vízjárési főtípusok Európában GRIMM, F. (1968) szerint*

W-csoport	W-pluviale (winterpluvial)	téli eső
H-csoport	H-pluviale (herbstpluvial)	tavaszi eső
Wt-csoport	W-xeropluviale (xeropluvial)	száraz eső
FH-csoport	FH-nivopluviale (FH-nivopluvial)	tavaszi és őszi hó-eső
F-csoport	F-nivopluviale (F-nivopluvial)	tavaszi hó-eső
FF-csoport	F-nivale (frühjahrsnival)	tavaszi hó
S-csoport	S-nivale (sommernival)	nyári hó
Ft-csoport	F-xeronivale (xeronival)	száraz hó
FFF-csoport	F-aridnivale (aridnival)	nagyon száraz hó

A fenti 9 típust a szerző a fő táplálóforrás alapján természetesen tovább csoportosította. Az így létrejött három csoportot az 16. táblázat mutatja be.

16. táblázat: *A vízjárési főtípusok táplálóforrás szerinti csoportosítása GRIMM, F. (1968) szerint*

Pluviális vízjárások (eső típus)	Nivopluviális vízjárások (hó-eső típus)	Nivális vízjárások (hó típus)
W-csoport	FH-csoport	FF-csoport
H-csoport	F-csoport	S-csoport
Wt-csoport		Ft-csoport
		FFF-csoport

6.3.2.2. A Duna vízgyűjtőjén megjelenő vízjárástípusok Grimm szerint

Az 55 európai vízjárástípus közül a Duna 817 000 km²-es vízgyűjtőterületén kisebb-nagyobb területi részesedéssel 23 jelenik meg. A Duna-vízgyűjtőre vonatkozó – GRIMM Európa-térképéből kivágott – részlet a 8. mellékletben található. Ezek főtípusonkénti eloszlását a 17. táblázat szemlélteti, melyben látható, hogy GRIMM osztályozása szerint a 23 Duna-vízgyűjtőre eső vízjárástípus hét főtípus között oszlik meg.

A **pluviális, vagy eső típusú vízjárások** csoportjába tartozó három főtípusba összesen 8 altípus tartozik.

Közülük az első a **W-csoport**, amelyre mérsékelt téli lefolyásmaximum, illetve részlegesen nyári, vagy őszi másodlagos maximum a jellemző. Egész évben jó a vízellátottság. Ide tartozik Európa egyik leggyakoribb vízjárástípusa, a Topino, mely a Kárpát-medence nyugati és déli területein, illetve az északi peremén fordul elő. A Naab

típus a névadó folyó vidékén, tehát a Bajor-medence északi részén, illetve az Észak-keleti Kárpátok hegységperemi régiójában, a Felső-Tisza-vidéken jelenik meg. A Mindel (a Felső-Duna egyik mellékfolyója) a Bajor-medence központi területeinek vízjárástípusa.

17. táblázat: A Duna vízgyűjtőjét érintő vízjárástípusok GRIMM, F. (1968) tipizálási rendszerében

Pluviális vízjárások (eső típus)	Nivopluviális vízjárások (hó-eső típus)	Nivális vízjárások (hó típus)
W-csoport Topino Naab Mindel H-csoport Taravo Nissan Sava Wt-csoport Jabalon Crasna	FH-csoport Nitra Obol Elster Bosna Gauja Serio F-csoport Mulde Drini Moldova Iller Nida	S-csoport Aare Rauma Vispa Ft-csoport Bahlui

A **H-csoportba** szintén három típus került, melyekre a mérsékelt őszi lefolyásmaximum jellemző, néhol télvégi, tavaszi másodmaximummal kísérve. Egész évben jó a vízellátottság. A csoportot alkotó, kifejezetten mediterrán jellegű vízjárástípusok a Duna-vízgyűjtőnek az Adriai-tenger felé viszonylag nyitott, délnyugati részén jelennek meg.

A **Wt-csoport**hoz tartozó két típus összefüggő, nagy kiterjedésű területeket foglal el a Kárpát-medence középső régiójában, illetve a Fekete-tenger partvidékétől felhúzódva a Duna Vaskapu alatti szakaszát övező alföldi területeken. Ezeken a vidékeken az erőteljes késő őszi, vagy téli lefolyásmaximumok mellett a vízszegény időszakokban jelentős kiszáradás mutatkozik. Az eső mellett már a hó is megjelenhet a táplálóforrások között, melyek közepes vízellátottságot biztosítanak.

A **nivopluviális (hó-eső) típusba** összesen 11 vízjárástípus került, mellyel ez az átmeneti jellegű csoport a legnépesebb a Duna-vízgyűjtőn.

Az **FH-csoport**ra a mérsékelt tavaszi lefolyásmaximum jellemző, őszi másodmaximummal és egész évben egyenletes vízellátással. Az itteni hat típus

összefüggően a Kárpátok teljes területén megjelenik, a Morva-medence északi peremhegyeitől egészen az Alsó-Duna-áttörésig húzódóan. Emellett felbukkannak a Dinaridákban, a típusnévadó *Bosna* folyó mentén, illetve az Alpokban, a Dráva-völgy környékén.

Az **F-csoport** típusai előfordulnak a Keleti-Alpok területének nagy részén, a Dinári- és Balkán hegyvidékeken, illetve általában a hegységperemi régiókban. Ez utóbbi főként a Keleti-Kárpátok keleti előterét és a Bihar-hegységet övező területeket jelenti. A vízjárást ebben a csoportban tavaszi lefolyásmaximum és a vízszegény időszakban is jelentős lefolyás jellemzi.

A **nivális (hó típusú) vízjárások** csoportjába összesen 4 típus tartozik a *Duna* vízgyűjtőjén. Ennek minden bizonnyal az errefelé különlegesnek számító hó általi befolyásoltság az oka.

Az **S-csoport** három típusára jellegzetesen a nyári lefolyásmaximum és a téli kisvizes időszak a jellemző. Az ilyen vízjárású területek az Alpok legmagasabb régióiban találhatók.

Az **Ft-csoport** Duna-vízgyűjtőn fellelhető egyetlen vízjárástípusára (Bahlui) a mérsékelt gyenge éves vízellátottság mellett erőteljes tavaszi lefolyásmaximum és a nyári félévben erős kiszáradás jellemző. A típus nagyobb, összefüggő területen a Kárpátok mentén, jellegzetes félkör alakban jelenik meg a Román-alföld északi részétől a *Prut* völgyéig húzódva. Kisebb foltban a *Déli-Morava* völgyében is felbukkan.

6.3.2.3. A vízjárástípusok területi elhelyezkedésének összehasonlítása

Elsőként azt kell kiemelni, hogy a két vizsgálat más módszerekkel készült, eltérő adatbázis alapján, nem azonos időszakra vonatkozik. A csoportosítás szubjektivitása mellett tehát azt sem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy az egyes területekről más-más információk alapján születtek döntések.

A 8. és 14. *mellékletek* térképein látható, hogy az egyes vízjárástípusok eltérő módszerekkel vannak ábrázolva. Míg a Duna-vízgyűjtő vizsgálatánál a vízgyűjtő területek szerint, addig GRIMM térképén az egyes típusok a vízmérceállomások elhelyezkedése mellett leginkább a hasonló domborzati és éghajlati tulajdonságok alapján kerültek kijelölésre.

Az ebből nyilvánvalóan következő eltérések ellenére azért számos hasonlóság is megfigyelhető rajtuk, melyek közül itt csak néhányat emelek ki. Ilyen például a Száva folyó felső szakaszán a mediterrán hatások megjelenése, bár ezt GRIMM a Dinári-hegyvidék délkeletibb vonulataira is kiterjesztette. A Duna-vízgyűjtő vizsgálatában a Száva déli mellékfolyóinak (*Kulpa, Una*) felső szakaszán ez az éghajlati módosítás nem érzékelhető.

Ugyancsak mindkét térképen megjelenik az Északi-Kárpátok déli részének (*Nyitra, Ipoly*), illetve az Észak-keleti-Kárpátok alföldi előterének (a *Bodrog* forrás folyói – 22. kép) típusazonossága. Szintén megfigyelhető a *Szeret* folyóhoz, pontosabban a Keleti-Kárpátok vonulataihoz igazodó, összefüggően azonos vízjárású terület is. A Duna forrásvidékének a környezetétől eltérő vízjárástípusa ugyan eltérő mértékben és kiterjedésben, de mindkét vizsgálatban jelentkezik.

Ezek mellett azonban ki kell emelni, hogy ugyanarra a területre vonatkozóan, alapvetően hasonló természetföldrajzi mutatók (havi középvízhozamok, klimatikus és domborzati tényezők) felhasználásával nyilvánvalóan egymáshoz valamennyire hasonló eredményekre kell jutni.



22. kép: Millenniumi Turul-szobor vigyázza az áradó Latorcát a Munkácsi vár fokán

7. A vízjárás stabilitásának meghatározása a Duna vízgyűjtőterületén

A vízjárás stabilitása a *Duna* vízgyűjtőterületén 206 állomás adatsora alapján, a NOVÁKY-féle módszer (NOVÁKY B.–SZALAY M. 2001) felhasználásával, az 5. módszertani fejezetben leírtak szerint került kiszámításra. Ennek megfelelően minden állomásra összesen kilenc stabilitási érték lett meghatározva. Ezek a módszertani fejezet (3) egyenlete alapján sorrendben

- az első (1), második (2) és harmadik (3) legnagyobb havi lefolyás (N_{MAX1} , N_{MAX2} , N_{MAX3});
- illetve az első (4), második (5) és harmadik (6) legkisebb havi középvízhozamok (N_{min1} , N_{min2} , N_{min3}), tehát a vizsgálat alapját képező hat egyedi hidrológiai esemény stabilitási indexe.

Ezekén felül – a módszertani fejezet (6-8) egyenletei alapján – még három összevont stabilitási mutató készült:

- a magasvízi események összevont stabilitási mutatója (N_{MAX}), amely a három nagyvízi esemény stabilitásának összege (7);
- az kisvízi események összevont stabilitási mutatója (N_{min}), amely a három alacsonyvízi esemény összege (8);
- illetve az adott folyószakasz vízjárásának stabilitása a teljes évre vonatkoztatva (N_R), amely a hat hidrológiai esemény stabilitási értékeinek az összegét jelenti (9).

A Duna-vízgyűjtő 206 állomására az 1950 és 2000 közötti időszak adatai alapján készült stabilitási számítások eredményei a 15. melléklet táblázatában találhatók. A fenti kilenc stabilitási értékből grafikus ábrázolás csak az öt legfontosabbról (N_R , N_{MAX} , N_{MAX1} , N_{min} , N_{min1}) készült, amelyek sorrendben az 16.-20. mellékletek térképein láthatók. Az izovonalak készítéséhez felhasznált interpolációs eljárás az inverz távolság módszere volt.

A térképen ábrázolt öt stabilitási értéknek az egyes vízjárástípusokhoz tartozó átlagértékeit az 18. táblázat foglalja össze. Megállapítható, hogy a kisvízi eseményeknek nagyobb a stabilitása. Emellett látható, hogy a legkésőbbi diszkrimináns időszakkal jellemezhető, magasabb fekvésű régiók vízjárástípusai a többi területhez viszonyítva stabilabb vízjárási mutatókkal rendelkeznek.

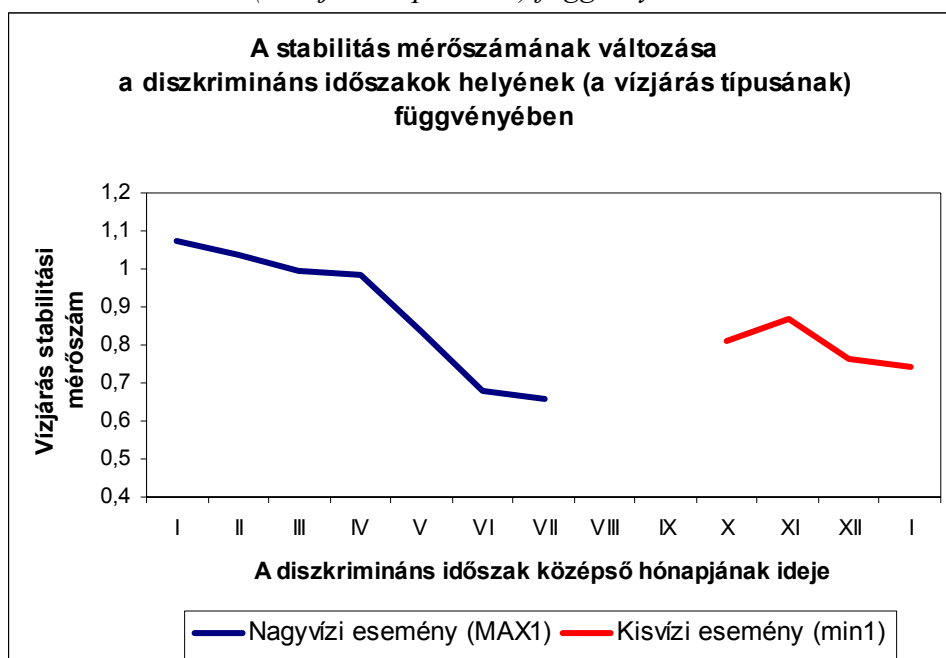
18. táblázat: A stabilitási mutatók vízjárástípusonkénti átlagos értékei

Típus	Vízjárási esemény átlagos stabilitása				
	N_{MAX1}	N_{min1}	N_{MAX}	N_{min}	N_R
1	1,179	1,140	3,570	3,368	6,938
2	1,057	0,656	3,326	2,723	6,049
3/a	1,069	0,742	3,412	2,797	6,209
3/b	1,004	0,920	3,126	2,980	6,106
4/a	0,959	0,781	3,061	2,760	5,821
4/b	0,937	0,962	3,227	3,136	6,362
4/c	1,085	1,104	3,399	3,515	6,914
5/a	0,962	0,848	3,094	2,835	5,930
5/b	0,990	0,930	3,049	2,998	6,047
5/c	1,007	0,938	3,327	3,177	6,505
6/a	0,956	0,788	3,029	2,711	5,740
6/b	0,950	0,918	3,096	3,061	6,157
6/c	0,598	0,772	2,474	2,716	5,190
7/a	0,813	0,763	2,741	2,691	5,432
7/b	0,550	0,566	1,990	2,128	4,119
8/a	0,962	0,834	2,983	2,901	5,884
8/b	0,659	0,812	2,276	2,603	4,879

A stabilitási kategóriák jelölése az 12. táblázat kategóriái alapján:

0,659 – stabil; 0,956 viszonylagosan stabil

4. ábra: A stabilitás mérőszámának változása a diszkrimináns időszakok helyének (a vízjárás típusának) függvényében



Az éves stabilitás mérőszáma (N_R) és a vízjárás típusa között kifejezett összefüggés nem fedezhető fel, míg a nagyvízi és kisvízi vízjárási események stabilitása többé-kevésbé szoros kapcsolatban áll a vízjárástípussal (4. ábra). Különösen igaz ez a

nagyvízi vízjárás vonatkozásában, ahol jól látható, hogy a legnagyobb havi lefolyási események egyre későbbi hónapokban való megjelenésével a stabilitásuk is jelentősen növekszik. Ez minden bizonnyal azért van így, mert az alacsonyabb fekvésű térszíneken az év első négy hónapjában bekövetkező, havazás és esőzések által kiváltott vegyes táplálású nagyvizek megjelenése sokkal bizonytalanabb, mint a magasabb vízgyűjtőjű területeken a döntően hóolvadásból táplálkozó nyári nagyvizeké, amelynek nagyobb a stabilitása. A legkisebb havi lefolyás esetében az idő előrehaladtával való stabilitás-növekedés nem ennyire egyértelmű, de azért különösen az év utolsó hónapjaiban jól érzékelhető.

7.1. A vízjárás stabilitásának területi törvényszerűségei a Duna vízgyűjtőterületén

A Duna vízgyűjtőjén az **éves vízjárás stabilitásának (N_R)** területi különbségei az 16. melléklet térképén láthatók. A legtöbb folyószakasz a *viszonylagosan stabil* kategóriába tartozik. A vizsgált 206 állomásból 130 került ebbe a csoportba, amely a teljes mennyiségnek több mint 60 %-át jelenti. Az állomások kicsivel több mint egyharmada *stabil* vízjárású, míg 8 mérőhely kapott *viszonylag instabil* minősítést.

Ahogyan a 16. melléklet térképén látható, a Duna-vízgyűjtő *stabil* vízjárású régióit főként a hegyvidéki területek jelentik. Az Alpok, a Keleti-Kárpátok és a Dinaridák folyói a többé-kevésbé egyenletes vízjárásukat minden valószínűség szerint a domborzat által jelentősen befolyásolt, kevésbé változékony klimatikus viszonyoknak köszönhetik. A felsorolt három régió közül a legstabilabb vízjárási képet a legnyugatibb fekvésű Alpok mutatja, melynek kialakításában feltehetőleg nagy szerepe van a területen szinte állandó jelleggel érvényesülő óceáni éghajlati hatásoknak. A másik két területen a stabilitási értékek egymáshoz viszonyítva nagyjából hasonlóan alakulnak.

A Duna vízgyűjtőterületének – a hat esemény együttes stabilitási mutatója (N_R) szempontjából – legkevésbé *stabil* vidéke a Kárpát-medence nyugati részén, a Rába és a Mura vízgyűjtőin található. A *viszonylag instabil* minősítést valószínűleg ismét klimatikus okokkal lehet magyarázni, mivel a Kárpát-medence területén általában uralkodó kontinentális klímaviszonyokat ebben a nyugati régióban gyakrabban zavarják meg a mediterrán, néha óceáni éghajlati hatások. Ezek az egymással kapcsolódó folyamatok jellegzetes vízjárási képet hozhatnak létre a folyókon az egy éven belül jelentkező őszi másodlagos maximumok formájában (KOVÁCS P. 2002).

A **nagyvízi események összevont mutatója (N_{MAX})** esetében a *nagyon stabil* kategóriában csak egyetlen állomás – Inn/Magerbach – található (17. melléklet). Körülbelül az állomások negyedénél *stabil* a vízjárás, de a többség – több mint 140 mérőhely – a *viszonylag stabil* csoportba tartozik. A magasvizek mutatója alapján 11 *viszonylag instabil* minősítésű állomás van a Duna vízgyűjtőjében.

Területi elhelyezkedését tekintve a legtöbb *stabil* vízjárású régió ismét ugyanazokon a hegyvidékeken található, mint az előző, N_R mutató esetében. Az Alpokban a 16. és 17. mellékletek térképein nagyjából ugyanakkora területet foglal el ez a kategória, és az N_{MAX} mutatónál (17. melléklet) itt helyezkedik el az egyetlen *nagyon stabil* vízjárású folyószakasz is. A Keleti-Kárpátok esetében a „*stabil* régió” kiterjedése valamivel nagyobb az előző mutatóhoz viszonyítva, ezzel szemben a Dinári-hegységben ez a zóna jelentősen összezsugorodott. A *viszonylag instabil* kategória körülbelül ugyanazt a területet fedi le, mint az N_R mutatónál, kiegészülve néhány kisebb kiterjedésű alpi vízgyűjtővel a Száva, a Dráva és az Ager folyók vidékéről. Ez valószínűleg ismételt a már említett éghajlati hatásokra vezethető vissza.

Az **első legnagyobb havi lefolyás stabilitását (N_{MAX1})** vizsgálva megállapítható, hogy a Duna-vízgyűjtő körülbelül felerészben a *stabil* vízjárású kategóriába tartozik (18. melléklet). A terület nyugati részén az Alpok és tágabb környezete (Sváb-Frank lépcsővidék, Bajor-erdő, Cseh-Morva-dombság) képez „*stabil* régiót”, míg a keleti-délkeleti részen a Kárpátok és a Dinári-hegyvidék alkot egy nagyjából összefüggő, *stabil* vízjárású zónát. Ez utóbbihoz csatlakoznak a Kárpát-medence déli részén a Duna és az itteni nagy folyók (Dráva, Tisza, Maros) alsó szakaszai, illetve a Balkán-hegység egyes vízgyűjtői is. Az Északi-Kárpátokból ebbe a csoportba tartoznak a Bodrog forráságai nagy részének és a Nyitra folyónak a vízgyűjtői is.

Az állomásoknak körülbelül 5 %-a került a *nagyon stabil* kategóriába, amely alapvetően két régióban, az Inn és a Salzach felső szakaszán, illetve a Tisza és a Prut folyók forrásvidékein helyezkedik el. A $MAX1$ esemény stabilitása szempontjából a Kárpát-medence belseje és a Dinári-hegység nyugati része összefüggő, *viszonylag stabil* minősítésű területet képez. A Duna forrás- és torkolatvidéke a Román-alföld délkeleti részével együtt ugyancsak ebbe a kategóriába került.

A *viszonylag instabil* csoportban valószínűleg hasonló okokból, nagyjából ugyanazok a mérőhelyek és folyószakaszok találhatók, mint az előző mutatók esetében (Rába, Mura és Száva). Az egyetlen újdonságot Hegyeshalom állomás jelenti a Lajtán, ahol a nagyvízi vízjárást nagymértékű emberi beavatkozásokkal befolyásolják.

A **három kisvízi eseményt összegző mutatónál** (N_{\min}) egyetlen alpi állomás, Ötztaler Ache/Tumpen került a *nagyon stabil* kategóriába. A Duna-vízgyűjtőn az állomások 40 %-án *stabil* a vízjárás, 7 mérőhely *viszonylag instabil* minősítésű, míg *viszonylag stabil* eredmény közel 120 esetben született.



23. kép: Vízhozammérés az Ipoly nógrádszakáli szelvényében kisvíznél

Ismételten a hegyvidéki területek vízjárása a *legstabilabb* a vízgyűjtőn (19. melléklet). A nagyvízi események (N_{\max}) mutatójához viszonyítva a Dinári- és Balkán-hegységekben, valamint az Alpokban jelentős *stabil* területi növekedés figyelhető meg, míg a Kárpátok vidékén csökkent a „*stabil* régió” kiterjedése. Több kisebb, *stabil* minősítésű terület figyelhető meg a Kárpát-medence belsejében is, a *Nyitra*, *Ipoly* (23. kép), *Zagyva*, *Zala*, *Kapos*, *Cuhai-Bakony-ér* és *Berettyó* vízgyűjtőin. Az N_{\min} mutató szempontjából a Duna viszonylag hosszú szakaszokon *stabil* vízjárású: a forrásvidéken, Achleiten és Pozsony között, illetve Giurgiutól a torkolatig tartozik ebbe a csoportba. A *viszonylagosan instabil* kategória területi elterjedése az előző mutatókhoz hasonló, de némileg csökkent. Most a *Rába* középső és felső folyását, illetve a *Mura* egy szakaszát foglalja magába.

Az **első legkisebb havi lefolyás stabilitásának** ($N_{\min 1}$) minősítése a Duna-vízgyűjtő területének több mint 65 %-án minimum *stabil* (20. melléklet), amely magában foglalja az Alpok 6 *nagyon stabil* kategóriájú állomását is. A Duna vízgyűjtőterületének nyugati részén csak három nagyobb kiterjedésű, *viszonylag stabil* körzet található: a Bajor- és Morva-medencékben, illetve egy a Dinaridák nyugati elvégződésétől északra húzódó ferde sávban. A vízgyűjtő keleti felében több kisebb, egymástól elszigetelt régió jellemezhető *viszonylag stabil* vízjárással: például a Magas-Tátra körzetében, az Északkeleti-Kárpátokban Ukrajna területén, a *Körös* és a *Maros* torkolatvidékén, vagy a *Prut* és *Szeret* folyók közén.

A *viszonylag instabil* vízjárású területek kiterjedése a vizsgált mutatók közül itt a legkisebb. Mindössze három mérőhely került ebbe a kategóriába a már „megszokott” területen, a *Rába* középső szakaszán.

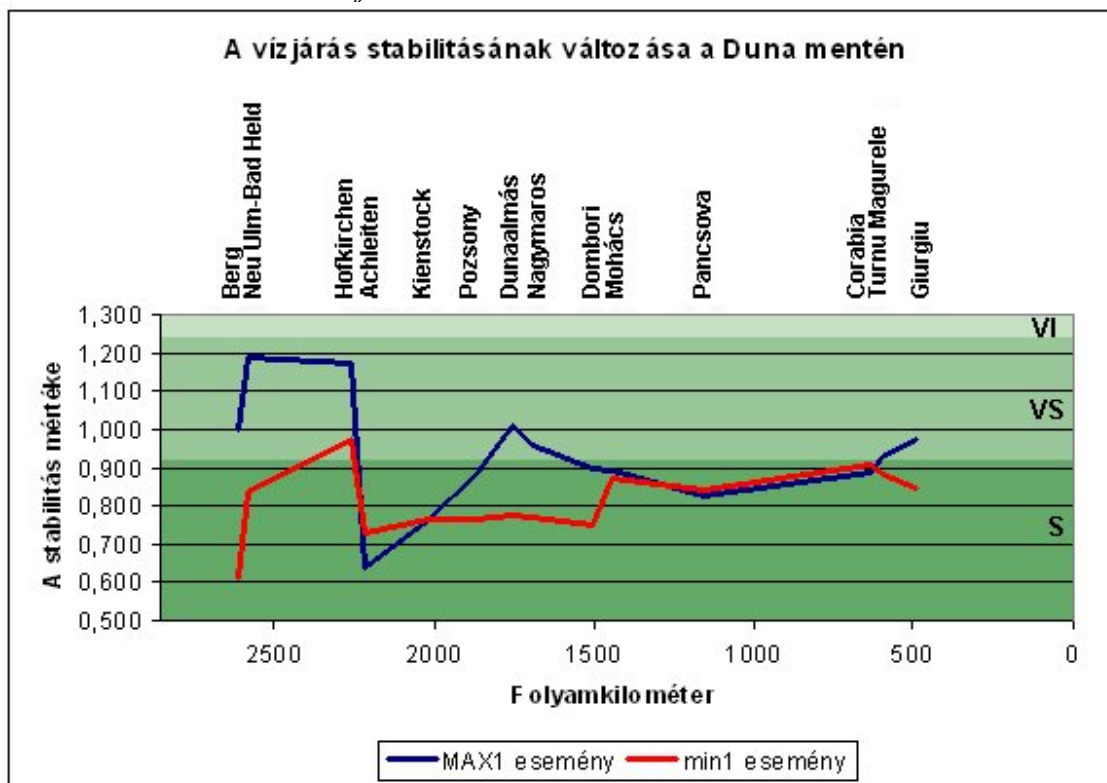
7.2. A vízjárás stabilitásának változása a Duna és a Tisza mentén

A vízjárás stabilitásának változékonysága nemcsak regionálisan, hanem az egyes vízfolyások mentén is tanulmányozható. Ennek elsődleges feltétele, hogy az adott folyóra megfelelő számú adat álljon rendelkezésre. Ebből a szempontból a vizsgált 206 állomás elhelyezkedése alapján a Duna vízgyűjtőjén csak két vízfolyás vehető számításba: a főfolyó, a Duna, és leghosszabb mellékfolyója, a Tisza. A stabilitásviszonyok hosszmenti vizsgálatába a Duna esetében 14, a Tiszánál pedig 8 állomás adatai kerültek bevonásra, a teljes vízgyűjtőn vizsgált hat hidrológiai esemény közül kettőre, az első legnagyobb és első legkisebb havi közepes vízhozamokra vonatkozó eredményekkel ($N_{\max 1}$, $N_{\min 1}$). A levont következtetések a vizsgálható állomások korlátozott mennyisége miatt természetesen itt is a megfelelő körültekintéssel kezelendők.

A vízjárás stabilitásának Duna-menti változása a 5. ábrán látható. A két vizsgált hidrológiai eseményről általában elmondható, hogy stabilitásuk változékonysága a folyó mentén lefelé haladva egyre csökken. A felső szakaszon még látványos változásokat okoznak a beérkező mellékfolyók (pl.: a Hofkirchen és Achleiten állomások között betorkolló Inn), míg az alsó szakaszon a mellékvizek befolyása már alig érzékelhető. Hiába érkezik be három nagy mellékfolyó (*Dráva*, *Száva* és *Tisza*) is Mohács és

Pancsova között, a *Duna* vízjárásának stabilitására szinte semmilyen hatást nem gyakorolnak.

5. ábra: A vízjárás stabilitásának változása a Duna mentén



A stabilitás fokának jelölései és pontos kategória-határai a 12. táblázatban láthatók.

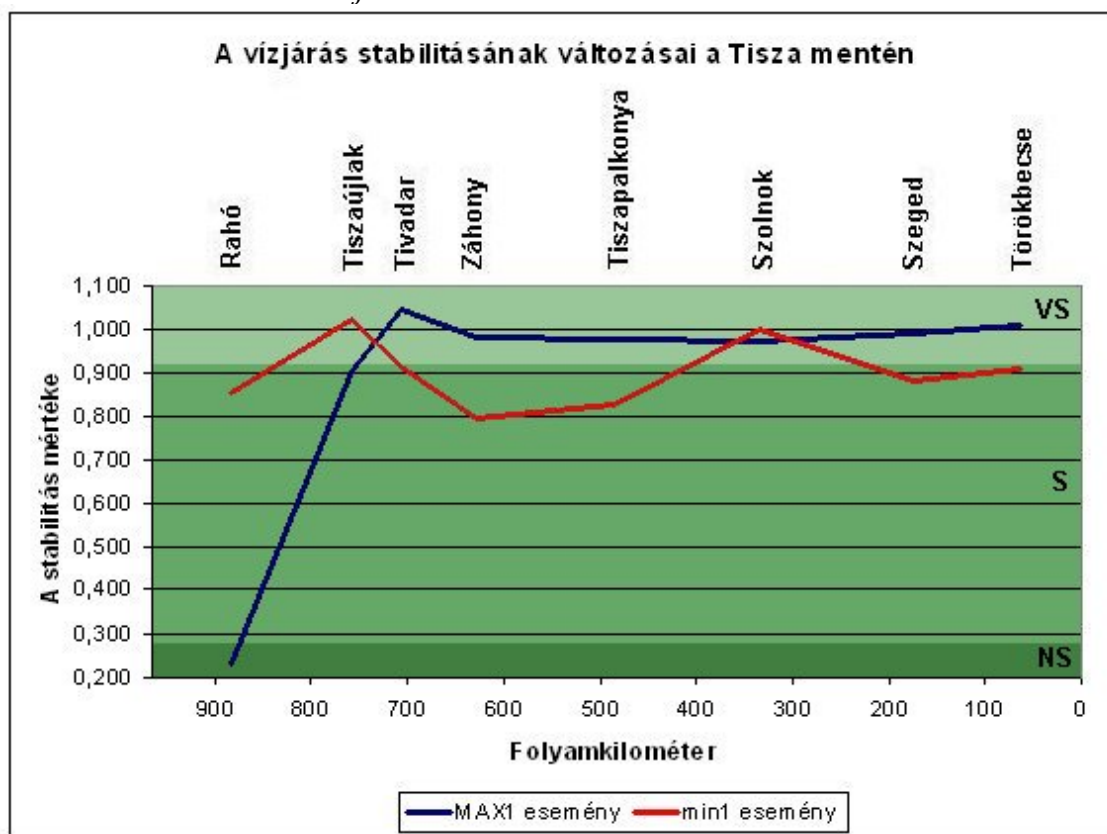
A két hidrológiai esemény stabilitási viszonyai is inkább a felső szakaszon térnek el egymástól, míg Mohács alatt szinte együtt haladnak, hasonló értékeket vesznek fel. A MAX1 eseménynél az értékek többsége a felső szakaszon a *viszonylag stabil* kategóriában mozog, kivéve az *Inn* torkolata alatti közel 500 kilométeres folyószakaszt, ahol az Alpok felől érkező mellékvíz hatására a vízjárás a *stabil* zónába kerül. Dombori és Mohács térségétől kezdődően, egészen a legalsó vizsgált állomásokig, folyamatosan a *stabil* osztályba tartozik a vízjárás. Turnu Magurele és Giurgiu (24. kép) vidékén ismételtelen a *viszonylagosan stabil* értékek jelennek meg.



24. kép: Az emelhető Duna-híd Győriútnál

A kisvízi esemény stabilitása a nagyvízhez viszonyítva a *Duna* egész hosszában nagyobb, egyetlen vizsgált állomás kivételével végig a *stabil* kategóriában helyezkedik el. Az *Inn* beérkezése a Hofkirchennél látható *viszonylag stabil* értéket is gyorsan stabilizálja. A min1 esemény értékei Mohácsnál „találkoznak” a MAX1 eseménnyel, de a nagyvízzel szemben itt, a legelső vizsgált szakaszon stabilizálódás figyelhető meg.

6. ábra: A vízjárás stabilitásának változásai a Tisza mentén



A stabilitás fokának jelölései és pontos kategória-határai a 12. táblázatban láthatók.

A vízjárás stabilitásának vízfolyásmenti változása szempontjából tanulmányozott másik folyó a *Tisza*, a rá vonatkozó eredmények a 6. ábrán láthatók. A vizsgált hidrológiai események stabilitásai a folyón lefelé haladva többé-kevésbé fokozatosan csökkenő tendenciát mutatnak. A beérkező mellékfolyók hatásai a *Dunához* viszonyítva gyengébben, és inkább csak a kisvízi eseménynél jelentkeznek. A hidrológiai események stabilitási értékei a folyón lefelé haladva itt is közelítenek egymáshoz, de a *Dunánál* megfigyelhető szoros együtt haladás itt nem mutatkozik.

A MAX1 esemény stabilitása a legfelső állomáson a legnagyobb, Rahónál a *nagyon stabil* kategóriába került. Innen egyre csökkenő intenzitással válik egyre instabilabbá a vízjárás, amely körülbelül az ukrán-magyar határtól lefelé végig a *viszonylag stabil* osztályba tartozik. Egyetlen helyen, Tivadar és Záhony között van számottevő stabilitásnövekedés, amelyet nagy valószínűséggel az itt csatlakozó Szamos- és Kraszna-vízrendszerek hatásai okoznak. Szolnokig még van egy nagyon enyhe, minden bizonnyal a Kiskörei-víztározónak köszönhető stabilizálódás, de a *Tisza* alsó szakaszán a nagyvízi esemény stabilitása folyamatosan csökken.



25. kép: A Bodrog felsőberekci mérőszelvénye

A min1 eseményhez tartozó stabilitási értékek a *Tisza* teljes hosszában egy viszonylag szűk sávban mozognak, a felső szakaszon sem érnek el olyan szélsőséges mértéket, mint a MAX1 eseménynél. A *stabil/viszonylag stabil* kategória-határtól (0,920) maximálisan alig több mint egytized stabilitási értéknit távolodnak el. Viszont a nagyvízi eseménnyel szemben a mellékvizek hatásai itt sokkal látványosabbak, többször fordítják át a változás irányát. A stabilitás mértékét jelző vonal nekik köszönheti jellegzetes, hullámos alakját. Rahótól Tiszaújlakig csökken, innen Záhonyig emelkedik, Szolnokig újra csökken, Szegendél ismét növekszik, majd a torkolat felé haladva megint csökken a vízjárás stabilitása. Másként a *Tarac*, *Talabor*, *Nagyág*, illetve a *Bodrog* (25. kép), *Sajó-Hernád* és *Zagyva* vízrendszerek csökkentik, míg a *Szamos*, *Kraszna*, *Körös* és *Maros* folyók pedig növelik a kisvízi vízjárás stabilitását.

7.3. A vízjárás stabilitásának időbeli változása a Duna-vízgyűjtő néhány vízfolyásán

A stabilitás időbeli változása alapvetően egy vagy több vízjárást befolyásoló tényező valamely tulajdonságának megváltozását mutatja meg. Ez a folyamat az egyes tényezők függvényében lehet természetes, vagy mesterséges eredetű is. A földtörténeti múltban nyilvánvalóan a lassabban lejátszódó természeti (pl.: éghajlati, domborzati) változások voltak az uralkodók, míg az utóbbi évezredekben inkább az emberi társadalom átalakító tevékenységeinek gyorsabb lefolyású következményeivel kell számolnunk.

Valamilyen tényező időbeli megváltozásának tanulmányozásához elengedhetetlenek a megfelelő hosszúságban rendelkezésre álló adatsorok. Mivel esetünkben a megbízható és folyamatos vízhozam észlelések legfeljebb 100-120 évre nyúlnak vissza, jelentékeny változások kimutatására meglehetősen korlátozottak a lehetőségek, inkább csak a tendenciák határozhatók meg. A későbbiekben azonban jelen tanulmány eredményei összevethetőek lesznek az addigra rendelkezésre álló hosszabb adatsorok értékeivel, így biztosítva alapot a napjainkban is zajló események részletesebb megismerésére.

19. táblázat: 100 éves, vagy annál hosszabb adatsorok a Duna vízgyűjtőterületén

Sorszám	Az ország jelzése	Az állomás azonosító száma*	Vízfolyás	Állomás	Vízgyűjtő terület	T. sz. f. magasság	Az adatsorok		
							észlelési időszaka		használt hossza
					km ²	m	-tól	-ig	év
1.	D	3.	Iller	Kempton	955	656	1901	2000	100
2.		8.	Regen	Regenstauf	2 658	331	1901	2000	100
3.		15.	Donau	Hofkirchen	47 496	300	1901	2000	100
4.		16.	Donau	Achleiten	76 653	288	1901	2000	100
5.	A	50.	Donau	Kienstock	95 970	194	1893	2000	105
6.	SK	57.	Dunaj	Bratislava	131 329	128	1901	2000	100
7.	H	83.	Duna	Nagymaros	183 534	99	1883	2000	115
8.			Tisza	Vásárosnamény	29 057	102	1883	2000	115
9.		99.	Sajó	Felsőzsolca	6 440	107	1891	2000	110
10.		100.	Zagyva	Jásztelek	4 207	86	1901	2000	100
11.		106.	Maros	Makó	30 149	79	1891	2000	110

* Az azonosító szám azokban az esetekben szerepel az állomás neve mellett, ha az szerepel a 206 állomásra kiterjedő vizsgálatban, lehetővé téve, hogy a hosszú adatsorok észlelési helye azonosítható legyen a 10. melléklet állomáshálózati térképén. A térképen nem szereplő vásárosnaményi észlelőállomás a Tisza 684. folyamkilométerénél, a közúti hídnál helyezkedik el, és azért nem szerepel a térképen, mert úgy Tivadar és Záhony (26. kép) között egymáshoz képest túl sűrűn helyezkedtek volna el a 206 elemes vizsgálat állomásai.



26. kép: Vízhozammérés a Tiszán a záhonyi híd felett

A *Duna* vízgyűjtőterületén a stabilitás időbeli változásainak feltárására összesen 11 vízhozammérő állomás adatsora került felhasználásra. Az észlelőhelyek jellemző paraméterei az 19. táblázatban találhatók. A vizsgálathoz felhasznált adatsorok minimális hossza 100 év, de öt esetben ennél hosszabb időszakok is bekerültek. Az alkalmazott módszer a matematikai statisztikában is használt ablaktechnika volt (NOVÁKY B.–SZALAY M. 2001).

Vegye fel valamely M időben változó mutató egy i -edik naptári évvel kezdődő és L hosszúságú időtartamra az M_i értéket. Az ablaktechnika elvének megfelelően toljuk el a vizsgált időszak kezdetét d évvel, és az időszak L hosszát tekintjük változatlanak. Jelölje M mutatónak az $i+d$ naptári évvel kezdődő L hosszúságú időszakra felvett értékét M_{i+d} . Az L értéket mindvégig változatlanak tekintve minden újabb ablakeltolásnál a kezdeti év rendre az $i+2d$, $i+3d$, értéket veszi fel, a hozzájuk tartozó M mutató értékei rendre M_{i+2d} , M_{i+3d} , A folyamatos ablakeltolást mindaddig végezzük, amíg a naptári év szerinti utolsó értékhez nem jutunk, azaz $i+d+L$ el nem éri a teljes adatsor hosszát. Az L hosszúságú ablaknak a teljes idősoron történő végigcsúsztatásával előáll az M_{i+jd} elemekből álló idősor. Az új idősor elemeinek száma

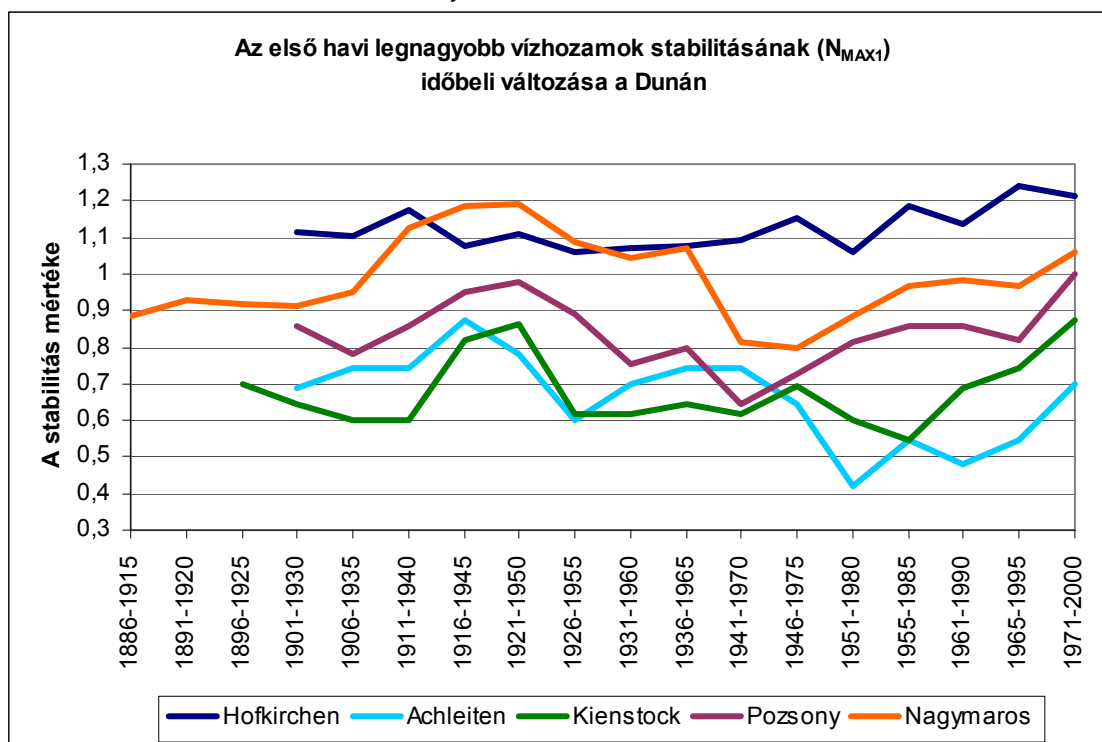
$$m = \frac{n - L}{d} + 1. \quad (10)$$

A vizsgálatban két hidrológiai eseménynek, az első legnagyobb és első legkisebb havi közepes vízhozam stabilitásának (N_{MAX1} és N_{min1}) a változása került feltárásra. NOVÁKY B. és SZALAY M. (2001) tanulmánya alapján az ablak hossza 30 év, az eltolás mértéke pedig 5 év volt.

Ennek és az 19. táblázat adatainak alapján tehát az eredeti idősorok hossza rendre 100, 105, 110 és 115 év, tehát $n_1=100$, $n_2=105$, $n_3=110$ és $n_4=115$. Az ablak nagysága minden esetben $L=30$, a léptetés értéke mindenütt $d=5$. Az új idősorok elemeinek számai tehát a (10) egyenletnek megfelelően $m_1=15$, $m_2=16$, $m_3=17$ és $m_4=18$ lettek.

Az első legnagyobb havi vízhozamok stabilitásának időbeli változását a *Duna* öt állomásán a 7. ábra mutatja be.

7. ábra: A MAX1 esemény stabilitásának időbeli változása a Dunán



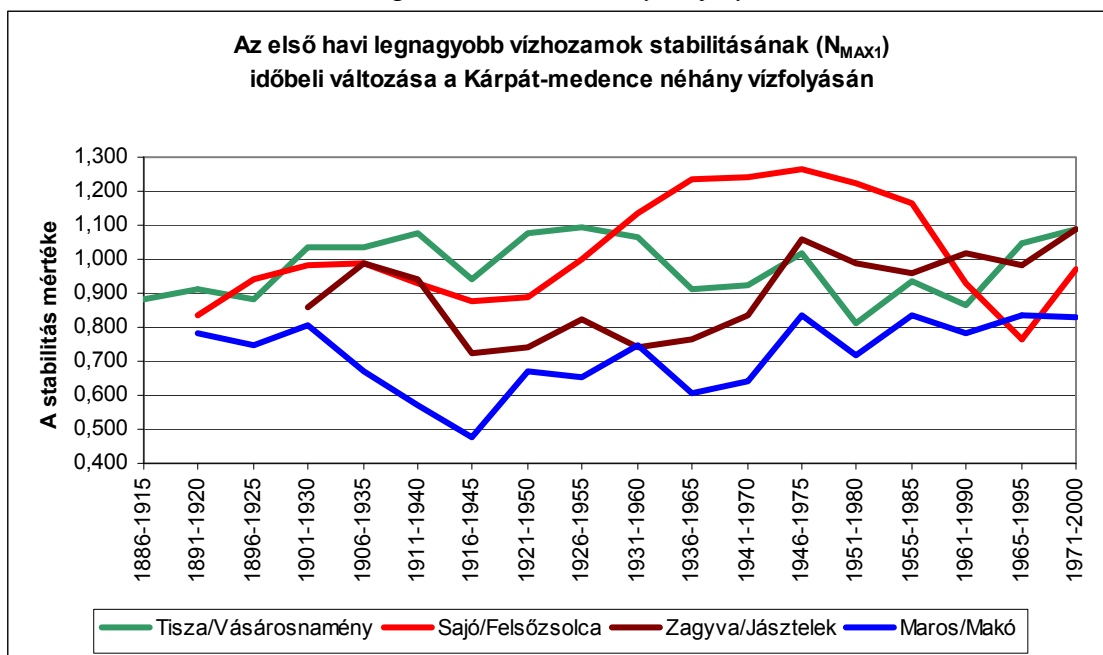
Ahogy a 7. ábrán is látható, a kiválasztott mérőhelyeken a MAX1 esemény stabilitása az időben meglehetősen változatosan alakul. Az állomások három csoportba oszthatók. Hofkirchen értékei a leginstabilabbak, a három középső adatsor, Achleiten, Kienstock és Pozsony nagyjából egymáshoz hasonló utat járnak be, míg Nagymaros állomás adatai leginkább egy köztes állapotot mutatnak.

Hofkirchennél a stabilitás szintje mindvégig viszonylag egyenletesen a *viszonylag stabil* zónában mozog, és egy nagyon enyhén csökkenő stabilitású trendet mutat. Achleiten, Kienstock és Pozsony majdnem végig a *stabil* osztályba tartozik. Mindhárom esetben az 1910-es évektől az 1930-40-es évekig egy instabilabb időszak figyelhető meg, Pozsony ekkor át is csúszik a *viszonylag stabil* kategóriába. Ezután ismételen növekszik, majd a vizsgálati időszak végén mindenhol csökken a stabilitás. Nagymaros állomás stabilitási képe az előbbi hármashoz hasonlóan alakul, csak itt már az időszak elején is sokkal alacsonyabb a stabilitás mértéke. Az itt is jelentkező instabilabb időszakban az értékek a *viszonylag instabil* zónát is megközelítik, majd a stabilizálódás után az idősor végén itt is csökken a stabilitás.

A négy magyarországi folyó (8. ábrán) vízjárása egymástól eltérő képet mutat, de azért néhány hasonlóság is felfedezhető. Végig a *stabil* kategóriában mozog a Maros

vízjárása, amely az idősor második harmadától csökkenő stabilitású trendet mutat. A *Zagyvánál* (27. kép) a csökkenés időben nagyjából félúton kezdődik, az időszak végére az értékek a *viszonylag stabil* csoportba kerülnek át. A *Tisza* vízjárásában nem igazán látható trendjellegű változás, inkább csak egy nagyjából ötven éves instabilabb időszak figyelhető meg a 20. század első felében. Érdekes kiemelni, hogy az 1930-as évek közepétől kezdődően mennyire hasonlóan alakul a *Maros* és a *Tisza* vízjárási képe.

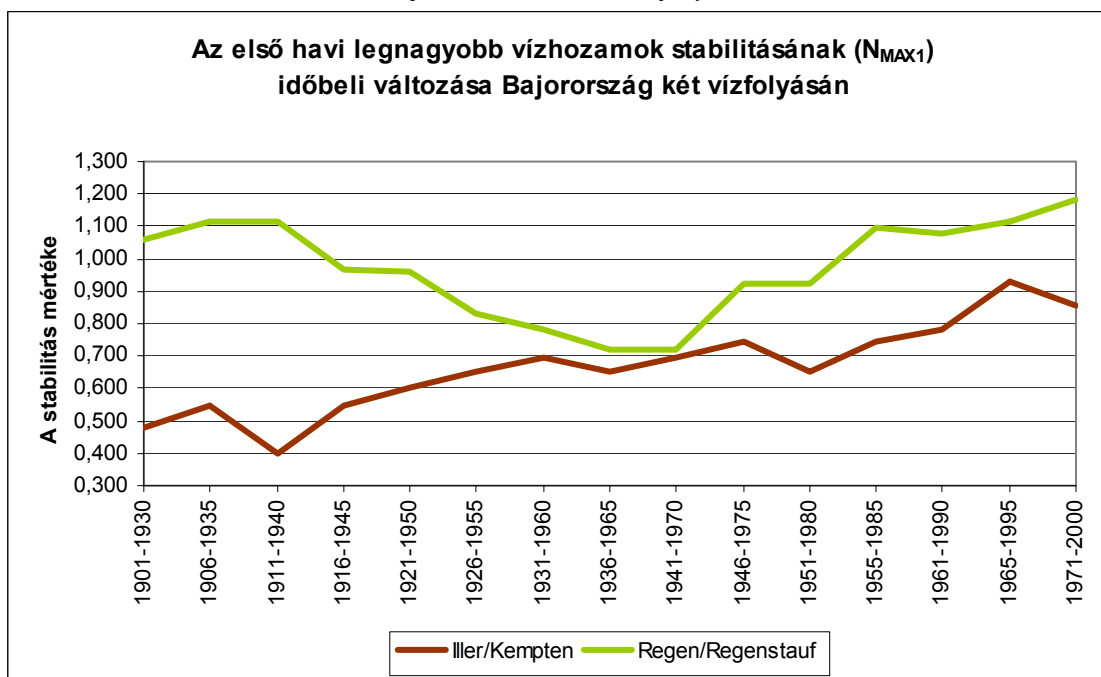
8. ábra: A MAXI esemény stabilitásának időbeli változása a Kárpát-medence néhány vízfolyásán



27. kép: Árvízi vízhozammérés a Zagyva szentlőrincikáti hídjánál

Az előbbiekhöz viszonyítva a *Sajó* vízjárása időben teljesen eltérően viselkedik. Ábrája leginkább egy kettős hullámvonalra emlékeztet, melynek jelentékenyebb, alacsonyabb stabilitási értékekkel jellemezhető része az 1920-as és 1960-as évek közé esik. Itt a hullámvonal tetején az értékek már a *viszonylag instabil* zónába kerültek.

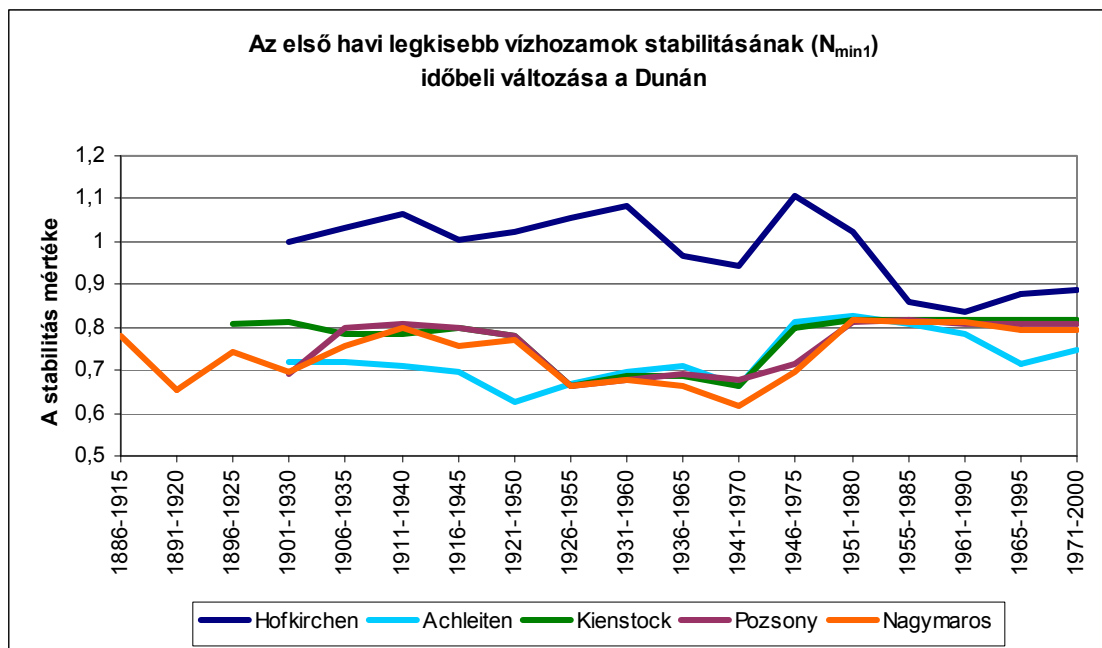
9. ábra: A MAX1 esemény stabilitásának időbeli változása a Bajor-medence két vízfolyásán



A 9. ábrán látható bajorországi folyókkal a korábbiakhoz képest egyszerűbb a helyzet. Az *Illeren* a százéves időszak alatt folyamatosan csökken a stabilitás, az idősor végére majdnem átkerül a *viszonylag stabil* zónába. Az ebből a kategóriából induló *Regen* az 1940-es évekig folyamatosan növekvő stabilitást mutat, majd megfordul a tendencia, és végül a kiindulásnál is instabilabb szintre kerül a vízjárás.

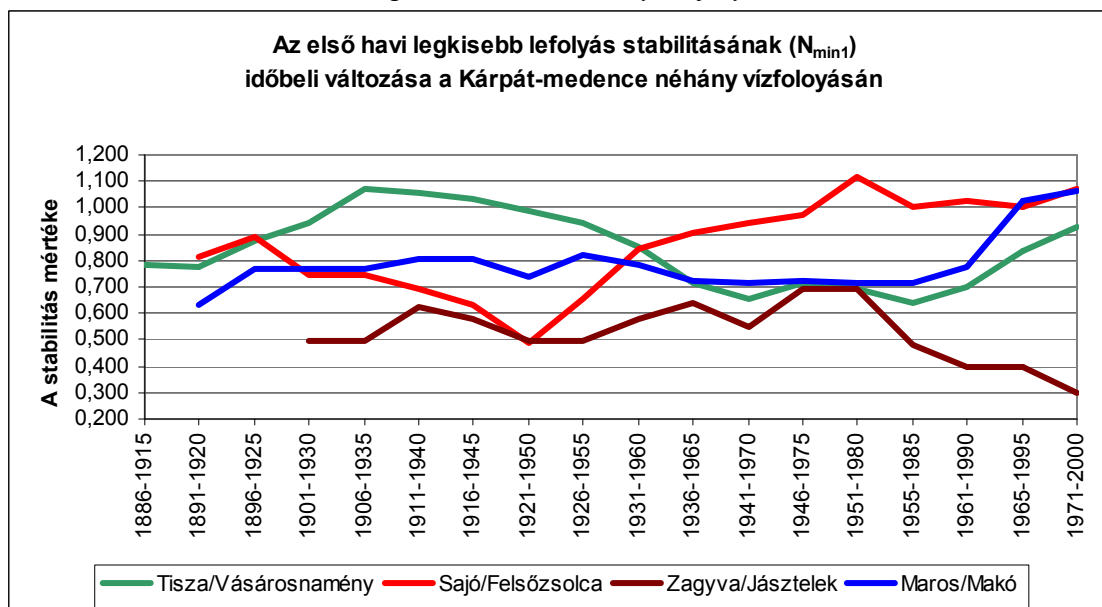
Az első legkisebb havi vízhozamok stabilitásának időbeli változását a *Duna* öt állomásán az 10. ábra mutatja be. A min1 események stabilitásának időbeli változásánál az öt dunai állomás – egy kivétellel – meglehetősen egységes képet mutat. Achleiten, Kienstock, Pozsony és Nagymaros stabilitási értékei mindvégig a stabil zónában maradva nagyjából hasonlóan alakulnak. Ez különösen az 1920-as évektől kezdődően szembetűnő. Az 1920-as és 1940-es évek között van egy kicsit stabilabb szakasz, de utána visszatérnek a kiindulási szint környékére, kivéve Achleiten, ahol ez a jelenség szinte folyamatos stabilitás-csökkenésként mutatkozik.

10. ábra: A min1 esemény stabilitásának időbeli változása a Dunán



Az egységes rendszerből itt is a legfelső vizsgált állomás, Hofkirchen adatsora lóg ki (10. ábra). Az értékek az 1950-es évek közepéig végig a *viszonylag stabil* zónában találhatók, de az 1940-es években meginduló stabilizálódás eredményeként a tanulmányozott időszak végére közelebb kerülnek a többi állomás adataihoz, áthelyeződnek a *stabil* kategóriába.

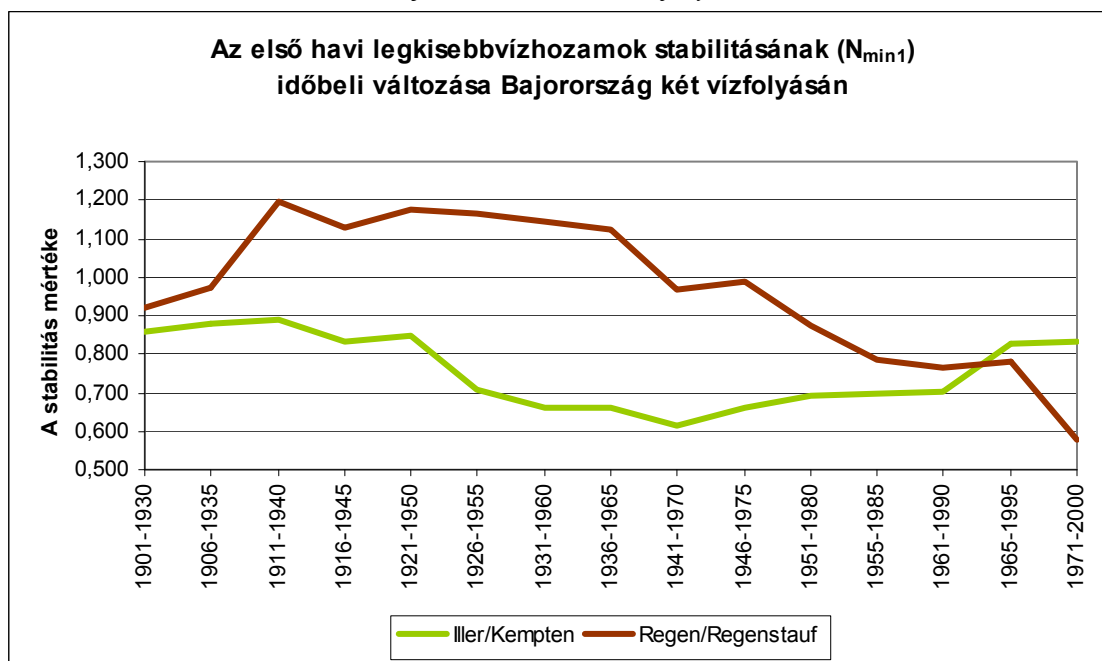
11. ábra: A min1 esemény stabilitásának időbeli változása a Kárpát-medence néhány vízfolyásán



A Kárpát-medence négy folyójának adatsorai (11. ábra) ismét változatos képet mutatnak. A legkevésbé változékony *Zagyva* és *Maros stabil* vízjárásában az 1950-es évekig alig vehető észre változás, ezután azonban a *Zagyva* stabilitása növekszik, a *Marosé* pedig – a *stabil* zónát elhagyva – csökken. A *Tisza* vízjárása egy egycsomópontú hullámot formál. A vizsgált időszak első felében az értékek inkább a *viszonylag stabil* kategóriában vannak, míg az 1930-as évektől kezdődően a *stabil* zónába húzódnak. A *Tisza* és a *Maros* hasonló viselkedése az 1930-as évek közepétől itt is megjelenik, és mindkettőnél megfigyelhető az időszak végi instabilizálódás is. A *Sajó* itt is külön úton jár. Stabilitása az 1920-as évekig növekszik, majd folyamatosan csökkenve átkerül a *viszonylag stabil* kategóriába.

A két bajor folyó min1 eseményre vonatkozó stabilitásnak változásait az 12. ábra mutatja be. Az *Iller* majdnem a teljes időszakban stabilabb a *Regennél*, és végig a *stabil* zónában található. Stabilitása az 1940-es évekig növekvő tendenciát mutat, később fokozatosan csökken. A *Regen* értékei ezzel szemben nagyrészt a *viszonylag stabil* kategóriában mozognak. Az 1920-as évektől kezdődően egy fokozatos stabilizálódási folyamat indul meg, melynek eredményeként a vizsgált időszak végére nemcsak a *stabil* csoportba kerül be, hanem az 1960-as évek közepétől a folyó vízjárása az *Illernél* is stabilabbá válik. Ezt a jelenséget valószínűleg a *Regen* felső szakaszán az 1980-as évek elején épített víztározó (PASOI, I. 2004) lefolyás-szabályozó hatása okozza.

12. ábra: A min1 esemény stabilitásának időbeli változása a Bajor-medence két vízfolyásán



8. A lefolyt vízmennyiségek változásai a Duna és a Tisza két szelvényében a XX. század folyamán

A vízfolyások vízjárása a lefolyt vízmennyiségek hónaponkénti megoszlása alapján jellemezhető. Az adott hónapban lefolyt vízmennyiség éves lefolyásból való részesedésének időbeli változása megmutathatja a klímaváltozásnak az adott régióban érvényesülő hatásait. Mindehhez elegendő hosszúságú és megbízhatóságú adatsorokra van szükség.

Ebben az esetben a két hazai nagy folyó egy-egy mérőhelyének, a *Duna* nagymarosi és a *Tisza* vásárosnaményi állomásának (28. kép) megbízhatónak tekintett hosszúidejű vízhozam adatai (vö. 19. táblázat) lettek feldolgozva. Véleményem szerint – és korábban készült tanulmányok alapján (vö. ORLÓCI I. 1994) – száz éves hosszúságú adatsorok feldolgozása már jól megjeleníthet ilyen jellegű változásokat, így a vizsgálathoz az 1901 és 2000 közötti időszak került kiválasztásra.



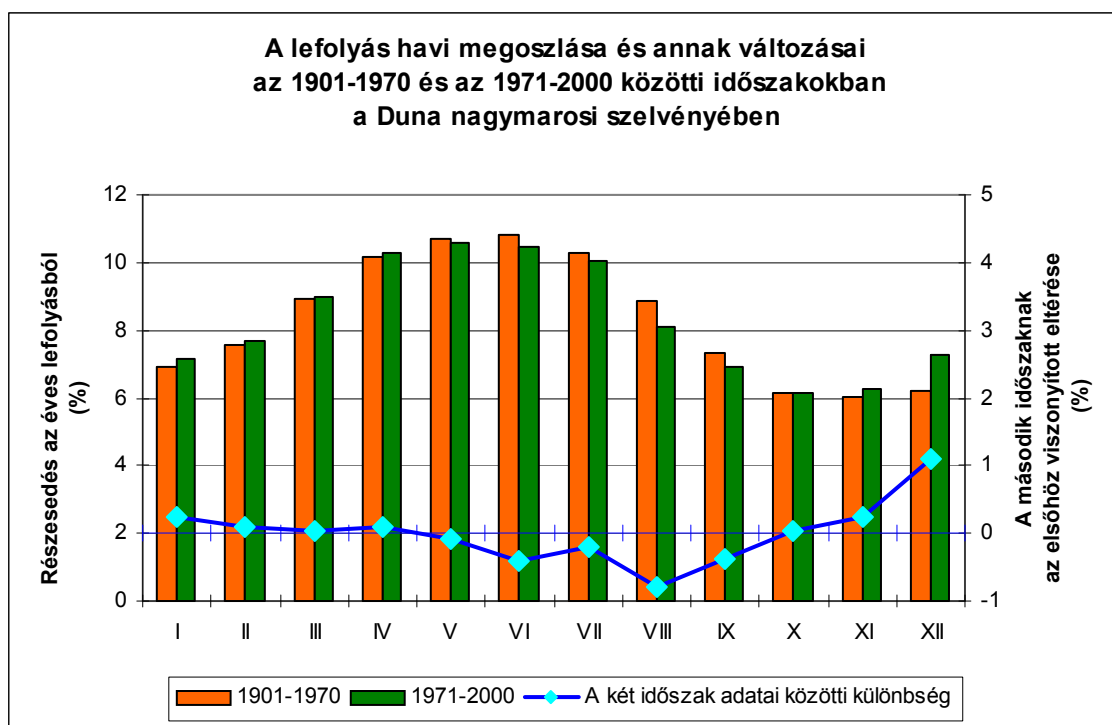
28. kép: A vásárosnaményi vízmérce a Tiszán

Az éves lefolyás havi megoszlása a kiválasztott száz éves időszaknak a két részre bontásával lett feldolgozva, így a havi lefolyt vízmennyiségek százalékban kifejezett mennyiségei a két részidőszakban már egymáshoz viszonyíthatók lettek. A részidőszakok hosszúságára több változat készült, melyek közül a 70 és 30 éves

időszakra (1901-1970 illetve 1971-2000) vonatkozó lett részletesen kidolgozva. A változatok eredményei között vannak kisebb eltérések, de a változási tendenciák többnyire változatlanok maradnak. A vizsgált változatok közül azért ez került kiválasztásra, mert a klímaváltozással foglalkozó korábbi kutatások alapján (MIKA J. 1989, LE TREUT, H. et al. 2007) látható, hogy a globális felmelegedés intenzitása az 1970-es évektől kezdődően megemelkedett, ezért a korábbiakhoz viszonyítva nagyobb mértékű változások mutathatók ki a folyók vízjárásában is.

A 13. ábra mutatja be a *Duna* nagymarosi szelvényében a lefolyás havi megoszlását és annak változásait az 1901-1970 és az 1971-2000 közötti időszakokban.

13. ábra: A lefolyás havi megoszlása a *Duna* nagymarosi szelvényében az 1901-1970 és az 1971-2000 közötti időszakokban

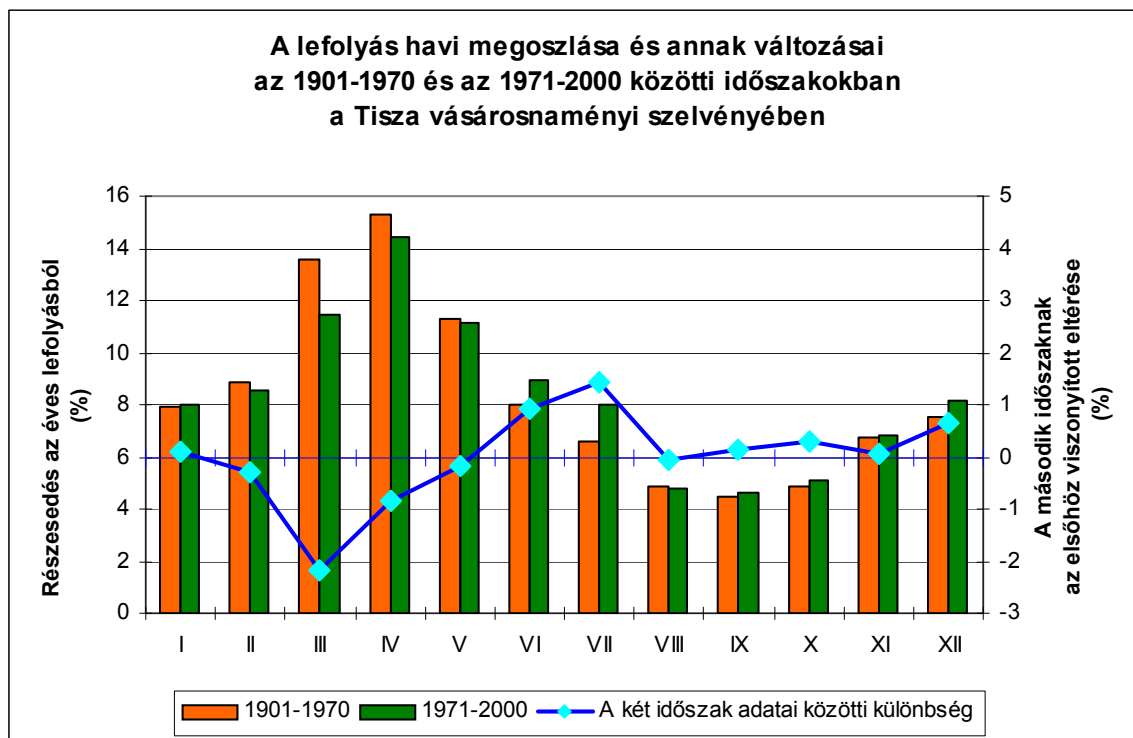


A 13. ábrán látható, hogy a két vizsgált időszak lefolyási viszonyai között túlságosan nagy eltérés nem mutatható ki. A különbségek általában néhány tized százalék körül mozognak, a legnagyobb differencia is éppen csak átlépi az 1 %-os értéket. Az eltérések mértéke alapján a változást nem igazán szabad értékelni, de a tendenciák azért jól nyomon követhetők. Ki kell emelni, hogy a klímaváltozás előrejelzett hidrológiai következményeivel (vö. 2.3.3.4. fejezet és ALCAMO, J. et al. 2007) összhangban a *Duna* vízszállítása a nagymarosi szelvényben a nyári félévben – májustól szeptemberig – csökkenő, télen – októbertől áprilisig – pedig emelkedő

tendenciát mutat. Ez a folyamat a lefolyás éven belüli átrendeződésére utal. Megállapítható tehát, hogy a Dunának ezen a szakaszán, bár csak kis mértékben, de már napjainkban is érzékelhetők a klíma változásából következő vízjárási módosulások.

A 14. ábra a Tisza vásárosnaményi szelvényében mutatja be a lefolyás havi megoszlását és annak változásait az 1901-1970 és az 1971-2000 közötti időszakokban.

14. ábra: A lefolyás havi megoszlása a Tisza vásárosnaményi szelvényében az 1901-1970 és az 1971-2000 közötti időszakokban



A Tisza esetében (14. ábra) a Dunához viszonyítva kétszer nagyobb különbségek is mutatkoznak a két időszak adatai között. Az eltérés március hónap esetében meghaladja a 2 %-ot. A 14. ábrán látható, hogy itt nincsen olyan különbség a téli és nyári félévek lefolyási tendenciái között, mint az előző esetben, de azért október és december hónapokban a Dunához hasonlóan itt is bekövetkezik egy kisebb lefolyás növekedés. Viszont látható, hogy a lefolyás áprilisi maximumának megmaradása mellett a csúcsot megelőző február-márciusi időszakból eltűnő vízmennyiség nagyrészt a június és július hónapokra kerül át.

A Tisza-vízgyűjtőben az éghajlatváltozási forgatókönyvek általában a téli csapadék növekedését és a hőmérséklet emelkedését jelzik előre. Ezzel jól összecseng a téli hónapok lefolyásarányának kismértékű növekedése, illetve a tél végi, tavasz eleji hónapok lefolyásának csökkenése (ami azt jelenti, hogy a télen lefolyó vízmennyiség

részben hiányzik tavasszal). A nyár eleji lefolyás aránya nő, amely jelenséget okozhatja a *Tisza* felső vízgyűjtőjében (29. kép) a tavaszi hónapok, kisebb térségekben a nyár csapadékmennyiségének a növekedése, amelyet egyes éghajlati forgatókönyvek alá is támasztanak (vö. RADVÁNSZKY B.–JACOB, D. 2008). A fentiek alapján megállapítható, hogy a bemutatott lefolyásváltozások alapvetően nem mondanak ellent a *Felső-Tisza* vízgyűjtőjére előrejelzett éghajlatváltozási folyamatoknak.



29. kép: A *Tisza* felső folyása Európa földrajzi középpontjánál

Összességében megállapítható, hogy a *Duna* és a *Tisza* vizsgált szelvényeiben, a klímaváltozási forgatókönyvekkel összhangban, a téli félév lefolyásának enyhe növekedése mutatkozik. A *Tisza* nyári lefolyásnövekedése kevésbé illeszkedik az előrejelzésekhez, de létezik ezt folyamatot alátámasztó klímamodell is.

9. Összefoglalás

A vízjárás sajátosságainak tanulmányozása Európa második leghosszabb folyója, a *Duna* esetében mind természeti, mind pedig társadalom- és gazdaságföldrajzi szempontból különleges jelentőséggel bír. Mellékvízeivel együtt a kontinens középső régiójában elhelyezkedő vízgyűjtőterületén jelenleg 20 országban, több mint 82 millió ember (vö. *1. táblázat*) mindennapjaiban játszik nélkülözhetetlen szerepet. Nem véletlen tehát, hogy a *Duna* és mellékfolyóinak árvízi és kisvízi viszonyaival már a középkorban is foglalkoztak, de részletes, tudományos jelentőséggel bíró kutatásokat inkább csak a XIX. századtól kezdődően végeztek. Természetesen a vízjárás tanulmányozására a tudomány és a technika fejlődésével napjainkig számos újfajta módszer került kifejlesztésre. Ezek egyikének felhasználásával készült ez a vízjárás stabilitását és a vízjárástípusokat meghatározó, a teljes Duna-vízgyűjtőre vonatkozó tanulmány is.

A felhasznált módszerek megbízhatóságát számos megelőző nemzetközi és hazai kutatás biztosítja (vö. KRASOVSKAIA, I. 1995, NOVÁKY B. et al. 2001, NOVÁKY B.–SZALAY M. 2001, stb.). A munka, melynek célja a *Duna* és mellékfolyói vízjárásának egységes módszerekkel való tanulmányozása volt, nyilvánvalóan csak az érintett országok kutatóinak együttműködésével valósulhatott meg. Sok esetben azonban éppen a nemzetköziség volt az a korlátozó tényező, amely akadályozta a pontosabb, vagy részletesebb vizsgálatokat. Mindezek ellenére, a legteljesebb kép bemutatására törekedve készült el a tanulmány.

A *Duna* vízgyűjtőterületén kialakított vízjárástípusok, amelyeket alapvetően a havi középvízhozamok első legnagyobb és első legkisebb értékeinek előfordulásai határoznak meg, jól követik a régióra jellemző klimatikus viszonyoknak elsősorban a domborzat által módosított területi sajátosságait. Ezeket azonban néhány esetben olyan, kisebb területen erőteljesebben érvényesülő helyi jellegű folyamatok is befolyásolják, mint például a jelentős felszín alatti víztartó (főként a karsztos) kőzetek lefolyás-késleltető hatása, vagy az emberi tevékenység vízjárást módosító megnyilvánulásai.

Ahogy az *13.-14. mellékletekben* látható, a *Duna* vízgyűjtőjében a nyolc fő vízjárástípuson belül összesen 17 altípus került meghatározásra (ld. *13. táblázat* és *8. ábra*). Az egyes típusok a vízfolyások felső szakaszain az adott állomáshoz tartozó vízgyűjtőterületekhez vannak hozzárendelve, míg a nagyobb vízfolyások (*Duna*, *Száva*, *Tisza* és néhány mellékfolyója) alsóbb szakaszain egy-egy folyószakasz került az adott vízjárástípusba.

A viszonylagosan nagyszámú adatsor rendelkezésre állásának köszönhetően a nagyobb vízfolyások esetében a vízjárástípusok hosszmenti változása is vizsgálható. A főfolyók vízjárástípusainak hirtelen bekövetkező változásait alapvetően a beérkező mellékvizeknek egy adott ponttól (a betorkollásuktól) kezdve érvényesülő, esetenként jelentős módosító hatásai okozzák. Az 14. melléklet térképén ez a jelenség figyelhető meg a Duna és az Inn, vagy a Tisza és a Körös, illetve a Maros esetében.

Mivel a Duna-vízgyűjtő több mint nyolcszáz-ezer négyzetkilométeres kiterjedésével meglehetősen nagy területet hasít ki az európai kontinensből, lehetőség nyílt egy korábban, kontinentális méretekben készült vízjárástípusozás eredményeivel való összehasonlításra is. (vö. GRIMM, F. 1968) Az 8. és 14. mellékletekben látható térképek összevetése után számos hasonlóság (pl.: a Száva felső szakaszán, vagy a Keleti-Kárpátok előterében) és természetesen jó néhány eltérés fedezhető fel az egyes típusok földrajzi elhelyezkedésében. Meg kell jegyezni azonban, hogy a két vizsgálat más módszerekkel készült, eltérő adatbázis alapján, más időszakra vonatkoztatva; viszont ugyanazon a területen, alapvetően hasonló mutatók felhasználásával nyilvánvalóan egymáshoz valamennyire hasonlító eredményekre lehet jutni.

A Duna-vízgyűjtő vízjárástípusai ugyancsak összehasonlításra kerültek a Magyarország területére vonatkozó, megegyező módszerrel elvégzett kutatás eredményeivel is. (vö. NOVÁKY B.–SZALAY M. 2001) Ebben az esetben a mindkét tanulmányban felhasznált állomásoknál az egyes típusokhoz tartozó diszkrimináns időszakok között nagymértékű hasonlóság, illetve általában egy-két hónapos eltérés mutatkozott, amely valószínűleg az adatsorok eltérő hosszának és időbeli elhelyezkedésének a következménye.

A vízjárás stabilitása egy adott év és az adott időszakra vonatkozó sokévi átlagos vízjárás közötti különbséget jelenti, tehát azt mutatja meg, hogy egy év vízjárása milyen mértékben emelkedik ki az átlagot jelentő sokaságból. Azért is lényeges e mutató vizsgálata, mert így átfogó képet alkothatunk egy adott vízfolyás általános lefolyási viszonyairól, a vízjárás esetleges szélsőségeiről. Mivel az átlagtól való eltérés mértéke évről évre, akár jelentős mértékben is módosulhat, fontos szempont a vizsgálati időszak megfelelő kiválasztása, illetve a felhasznált adatsorok lehetőség szerinti legteljesebb egységessége.

A Duna-vízgyűjtőre készült stabilitási vizsgálat az 1950 és 2000 közötti időszakot öleli fel, a felhasznált 206 állomás adatsorainak közel 65 %-a 51 éves hosszúságú. A fennmaradó állomásmennyiség esetében az eredmények kiértékelésekor kell figyelembe

venni, hogy az esetleges területi különbségek az idősorok eltérő hosszából is adódhatnak.

A vízjárás stabilitása a *Duna* vízgyűjtőterületén hat hidrológiai eseményre (az első, második és harmadik legnagyobb, illetve az első, második és harmadik legkisebb havi középvízhozamok) lett meghatározva, ezen felül három számított mutató készült: a nagyvizek, a kisvizek és az éves stabilitás indexe. Az egyes állomásokra és eseményekre vonatkozó stabilitási értékeket az *15. melléklet* táblázata tartalmazza, míg térképi ábrázolás az első legnagyobb havi középvízhozam, az első legkisebb havi középvízhozam, a nagyvizek, a kisvizek és az éves stabilitás értékeiből készült. A térképek a *16.-20. mellékletekben* láthatók.

Az eredmények tanulmányozásakor megállapítható, hogy a minimum események stabilitása nagyobb, mint a maximum eseményeké. Különösen igaz ez az első maximum (MAX1) és az első minimum (min1) viszonylatában, melyeknél a *18. és 20. mellékletek* térképei között a leglátványosabb az eltérés. Hasonló jelenség figyelhető meg az összegzett kisvízi és nagyvízi eseményeknél is, a *17. és 19. mellékletekben*. A térképeken az is látható, hogy a nagyvízi események vízjárásának stabilitását sokkal inkább befolyásolják a vízgyűjtő domborzati viszonyai, mint teszik azt a minimum eseményeknél. A nagyvizek esetében a stabilitás mértéke a kisvizekhez viszonyítva nagyobb a hegyvidéki területeken. Az éves vízjárás stabilitásának regionális különbségeit is ugyanez a domborzati hatás alakítja: a *16. melléklet* térképén a Duna-vízgyűjtő három magashegységi régiója (az Alpok, a Dinaridák és a Kárpátok) tartozik a stabil vízjárási kategóriába.

A *Duna* vízgyűjtőterületének vízjárási szempontból legstabilabb vidékei többnyire a Keleti-Alpok legmagasabb láncai között, a *7/b és 8/b* vízjárási altípusok területén találhatók (vö. *14. és 16.-20. mellékletek*). Itt helyezkednek el mind a nagyvízi, mind pedig a kisvízi események nagyon stabil besorolású vízgyűjtői, és fontos részei az éves vízjárás stabil kategóriájú területeinek is. A jelenség legvalószínűbb oka – a nagy orográfiai magasság mellett – minden bizonnyal klimatikus, mivel ez a vidék – a sok csapadéknak és a hóolvadásnak köszönhetően – egyike a vízgyűjtő legbiztosabban nagy nedvességtartalmú területeinek.

A Duna-vízgyűjtő leginstabilabb vízjárású térségei a *Rába* és – néhány esetben – a *Mura* vízgyűjtőjében fekszenek. Ez minden bizonnyal szintén klimatikus okokra vezethető vissza, mivel a terület az európai kontinens három meghatározó éghajlati

típusának ütköző zónájában helyezkedik el, tehát az atlantikus, a kontinentális és a mediterrán klímák hatásai itt együttesen érvényesülhetnek.

A tipizáláshoz hasonlóan a stabilitás esetében is lehetséges a hosszmenti vizsgálat. A vízgyűjtőn a *Duna* és a *Tisza* esetében állt rendelkezésre ehhez megfelelő számú adatsor, melyeknél a MAX1 és min1 események stabilitásának hosszmenti tanulmányozására került sor. A változásokat ebben az esetben is a mellékfolyók eltérő viszonyai okozzák, de az ingadozások eseményenként és területenként különböző mértékben jelentkeznek. A *Dunánál* az *Inn* beérkezése jelentősen módosítja (5. ábra), mindkét vizsgált mutatónál jelentékenyen stabilizálja a főfolyó vízjárását. Ezzel szemben a Kárpát-medence déli részén befolyó nagy mellékvizek (*Dráva*, *Száva*, *Tisza*) hatásai alig érzékelhetők. A *Tisza* esetében a mellékfolyóknak még elhanyagolhatóbb a módosító hatása, és az is inkább csak a kisvízi, min1 eseménynél érvényesül (6. ábra).

Tizenegy adatsornál a vízjárás stabilitásának időbeli változékonysága is tanulmányozásra került, a két vizsgált esemény ismételten a MAX1 és min1 voltak (7-12. ábrák). Általánosságban elmondható, hogy a Duna-vízgyűjtő vízfolyásai ebből a szempontból is meglehetősen változatos képet mutatnak, bár trendjellegű, hosszabb távú változás egyik esetben sem bizonyítható. A nagyvízi eseménynél az időszak vége felé egy enyhe instabilizálódás látható. A min1 esetében – bár a *Duna* az időszak végéhez közeledve az egységesülés felé tart – az egyes állomások adatsorai egymástól eléggé eltérően viselkednek.

A vízjárás stabilitását és a vízjárástípusokat alapvetően tehát a *Duna* vízgyűjtőterületén uralkodó globális természeti feltételek határozzák meg. Az éghajlati és meteorológiai körülmények (pl.: klímaviszonyok, léghőmérséklet és csapadék – 4., 5. és 6. mellékletek) a domborzati viszonyokkal (2. melléklet) karöltve alakítják ki a terület vízjárási képét. A hegyvidéki területeken a változatosabb, hűvösebb klíma, a nagy mennyiségű csapadék és a viszonylag egyenletes hőmérsékleti viszonyok biztosítják a vízjárás stabilitását, ezzel szemben a síkvidéki területeken ezek a körülmények sokkal szélsőségesebbek, nagyobb változékonyságot biztosítanak az itteni folyók vízjárásában.

Mivel az éghajlat változása a jövőben – akár a természetes úton, akár emberi „rásegítéssel” – mindenképpen be fog következni, már most fel kell készülnünk a lehetséges következményeire. Ez viszont csak akkor történhet meg, ha valamennyire előre láthatjuk a bekövetkező eseményeket. A meglévő kétségek ellenére biztos, hogy a klímaváltozás hatással lesz a hidrológiai adottságainkra, a bizonytalanság csak a hatások nagyságrendjében van. A *Duna* és a *Tisza* egy-egy szelvényében elvégzett vizsgálatok

alapján megállapítható, hogy ezek a változási folyamatok ha kis mértékben is, de már megindultak (13. és 14. ábrák), ezért nélkülözhetetlen ezeknek a jelenségeknek a minél pontosabb megismerése és nyomon követése.

Ez a tanulmány a későbbiekben jó alapot képezhet egy, az éghajlat változásaival foglalkozó vizsgálathoz akkor, ha különböző vízrajzi paraméterekből már elegendő hosszúságban állnak rendelkezésre a nagyobb léptékű klimatikus ingadozások megjelenítésére is alkalmas idősorok.



30. kép: A Duna látképe Budapestről

Befejezésül álljon itt néhány gondolat arról, hogy miért nem szabad elhanyagolnunk a Dunával (30. kép) való foglalatosságot:

„A jó bécsiek annyira magokénak tekintik a »blaue Donau«-t, hogy még »Walzer«-t is irnak hozzá; pedig ha magát a fejedelmi folyót megkérdezzük, kiének vallja magát, bizonyosan részünkre nyilatkozik. Nem szóval, hanem cselekedettel, mert nemcsak hogy meglássítja futását hazánk határain, meglegedetten megpihen, mint ki célját érte: hanem még azt is megteszi, hogy összes pályája felét nálunk akarván elvégezni, két hatalmas görbületet csinál, mert óriási karjával csakis így tarthatja átölelve előbb a szép Dunántúlt, utóbb meg a nagy magyar alföldet, melynek ő a szülő anyja és nevelő dajkája.” (HANUSZ I. 1889)

IRODALOMJEGYZÉK

- ALCAMO, J.–MORENO, J. M.–NOVÁKY B.–BINDI, M.–COROBOV, R.–DEVOY, R. J. N.–GIANNAKOPOULOS, C.–MARTIN, E.–OLESEN, J. E.–SHVIDENKO, A. 2007: Europe. – In: PARRY, M. L.–CANZIANI, O. F.–PAULITKOF, J. P.–VAN DEN LINDEN, P. J.–HANSON, C. E. (eds.) 2007: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* – Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, pp. 541-580.
- ANDÓ M.–VÁGÁS I. 1978: Az árvízvédelem hidrológiája. – In: KOVÁCS D. (szerk.): *Árvízvédelem, folyó- és tószabályozás, víziutak Magyarországon.* – Országos Vízügyi Hivatal, Budapest. pp. 11-60.
- ARNELL, N. W.–KRASOVSKAIA, I.–GOTTSCHALK, L. 1993: River flow regimes in Europe. – In: GUSTARD, A. (ed.) 1993: *FRIEND Report Vol. I: Hydrological studies.* – IAHS, CEH Wallingford, United Kingdom. pp. 112-130.
- ARNELL, N. W. 1994: Variations over time in European hydrological behaviour: a spatial perspective. – In: SEUNA, P.–GUSTARD, A.–ARNELL, N. W.–COLE, G. A. (ed.) 1994: *FRIEND Proceedings of the Braunschweig Conference, October 1993 – IAHS Publications No. 221.* pp. 179-184.
- ARNELL, N. W.–REYNARD, N. S. 1996: The effects of climate change due to global warming on river flows in Great Britain. – *Journal of Hydrology* Vol. 183. pp. 397-424.
- ARNELL, N. W.–SHORTHOUSE, C. 1997/a: European hydroclimatology: the continental scale. – In: AFOUDA, A.–GUSTARD, A.–MKHANDI, S.–OBERLIN, G.–DESBOS, E. (ed.) 1997: *FRIEND Third Report: 1994-1997 – Cemagref, Paris.* pp. 67-70.
- ARNELL, N. W.–SHORTHOUSE, C. 1997/b: Spatial and temporal variability in European river flows and the North Atlantic oscillation. – In: GUSTARD, A.–BLAZKOVA, S.–BRILLY, M.–DEMUTH, S.–DIXON, J.–VAN LANEN, H.–LLASAT, C.–MKHANDI, S.–SERVAT, E. (ed.) 1997: *FRIEND '97 – Regional hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management.* – IAHS Publications No. 246. pp. 77-85.
- ARNELL, N. W. 1999: The effect of climate change on hydrological regimes in Europe: a continental perspective. – *Global Environmental Change* Vol. 9. pp. 5-23.
- ARNELL, N. W. 2003: Relative effects of multi-decadal climatic variability and changes in the mean and variability of climate due to global warming: future streamflows in Britain. – *Journal of Hydrology* Vol. 270. pp. 195-213.
- BARBERIS, C.–MOLNAR, P.–CLAPS, P.–BURLANDO, P. 2003: Analysis of regime stability and connections of hydrologic similarity of river basins. – *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 6. 06453, 2004. Original working paper: Hydrologic similarity of river basins through regime stability, Politecnico di Torino
<http://www.idrologia.polito.it/web/index.htm>
- BECKINSALE, R. P. 1969: River regimes. – In: CHORLEY, R. J. (ed.) 1969: *Water, earth and man: A synthesis of hydrology, geomorphology and socio-economic geography.* – Methuen and Co. Ltd. Bungay, Suffolk, United Kingdom. pp. 455-471.

- BELZ, J.-U.–GODA L. 2004: Flow regime of the River Danube and its Catchment. – Follow-up volume No.VIII/2 to the Danube Monograph. Regional Cooperation of the Danube Countries. Koblenz & Baja. 152 p.
- BERGMANN, H.–DOMOKOS M. 1996: A Felső-Rába vízgyűjtőjének Hidrológiai Monográfiája. – *Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft* No. 23., Technische Universität Graz, Graz – Budapest. 257 p.
- BERGMANN, H.–DOMOKOS M.–KRAINER, R.–KRALL, E.–GODA L.–HAMZA I.–NEPPEL F.–NOVÁKY B. 2001: Az esetleges éghajlatváltozás hidrológiai hatásainak vizsgálata a Felső-Rába vízgyűjtőjében. – *Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft* No. 36., Technische Universität Graz, Graz – Budapest. 74 p.
- BOGDÁNFY Ö. 1906: A természetes vízfolyások hidraulikája. – *Franklin társulat*, Budapest. 263 p.
- BOWER, D.–HANNAH, D. M. 2002: Spatial and temporal variability of UK river flow regimes. – FRIEND 2002 – Regional Hydrology: Bridging the Gap between Research and Practice. In: VAN LANEN, H. A. J. (ed.) 2002: Proceedings of the 4th International FRIEND Conference in Cape Town, South Africa, 2002. *IAHS Publications* No. 274. pp. 457-464.
- BULLA B.–MENDÖL T. 1947: A Kárpát-medence földrajza. – *Országos Köznevelési Tanács*, Budapest. 611 p.
- BULLA B.–KÁDÁR L.–KÉZ A.–SZÁVA-KOVÁTS J. 1952: Általános természeti földrajz. – *Tankönyvkiadó*, Budapest. 554 p.
- BULLA B. 1962: Magyarország természeti földrajza. – *Tankönyvkiadó*, Budapest.
- CORBUS, C. 1999: Quantification of the stability of the hydrological regime using the coefficient of stability method. – Application for a river basin in Romania, *NIMH*, Bucharest. 35 p.
- CZAYA, E. 1988: A föld folyói. – *Gondolat*, Budapest. 212 p.
- CSOMA J.–SZIGYÁRTÓ Z. 1975: A matematikai statisztika alkalmazása a hidrológiában. – *VITUKI*, Budapest. 410 p.
- CSOMA J. 1978: Folyóink morfológiai és hidrológiai jellemzése. – In: KOVÁCS D. (szerk.): Árvízvédelem, folyó- és tószabályozás, víziutak Magyarországon. – *Országos Vízügyi Hivatal*, Budapest. pp. 287-338.
- DEÁK A. A. 2004: A Duna fölfedezése. A Duna első monográfiája első kötetének hasonmás kiadása és annak magyar fordítása. – *Vízügyi Múzeum, Levéltár és Könyvgyűjtemény*, Budapest
Orig.: MARSIGLI, L. F. 1726: Danubius Pannonico-Mysicus, Tomus I.: A Duna pannóniai és szerbiai szakasza. – Hága-Amszterdam.
- DEZSŐ ZS.–BARTHOLY J.–BARCZA Z.–PONGRÁCZ R.–BOGÁRDI I. 2003: A felszínborítottság változásának vizsgálata a Felső-Tisza vízgyűjtőn műholdadatok felhasználásával. – MHT XXI. vándorgyűlésén elhangzott előadás.
<http://www.vizugy.hu/vir/vizugy.nsf>
- DOMOKOS M. 1991: A nyugat- és észak-európai országok hidrológiai együttműködése (FRIEND) magyar szemmel. – *Vízügyi Közlemények*, LXXIII. évfolyam 2. szám, Budapest. pp. 153-185.

- DOMOKOS M. 2001: A Duna-vízgyűjtőbeli országok hidrológiai együttműködésének három évtizede. – *Vízügyi Közlemények*, LXXXIII. évfolyam 1. szám, Budapest. pp. 91-114.
- GLIECK, P. H. 1989: Climate change, hydrology, and water resources. – *Reviews of Geophysics*, Vol. 27. No. 3. American Geophysical Union. pp. 329-344.
- GODA L. 1965: Magyarország vízvidékeinek hidrológiai viszonyai. – *VITUKI*, Budapest. 156 p.
- GODA L. 1987: A folyók vízjárása – In: ZORKÓCZY Z. (szerk.): Árvízvédelem. – *Országos Vízügyi Hivatal*, Budapest. pp. 67-90.
- GOTTSCHALK, L.–JENSEN, J. L.–LUNDQUIST, D.–SOLANTIE, R.–TOLLAN, A. 1979: Hydrologic Regions in the Nordic Countries. – *Nordic Hydrology* Vol. 10. pp. 273-286.
- GRIMM, F. 1968: Das Abflußverhalten in Europa – Typen und regionale Gliederung. (Mit 4 Beilagen) – *Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Deutschen Institut für Landeskunde*, Neue Folge (Heft) 25/26. VEB Bibliographisches Institut, Leipzig. pp. 18-180.
- GUSTARD, A.–COLE, G. A. (ed.) 2002: FRIEND – a global prospective 1998-2002. – *CEH Wallingford*, United Kingdom. 132 p.
- HAINES, A. T.–FINLAYSON, B. L.–MCMAHON, T. A. 1988: A global classification of river regimes. – *Applied Geography* Vol. 8. pp. 255-272.
- HANUSIN, J. 1999: Typification of runoff regime on example of a set of chosen catchments of Slovakia. – *Geografický casopis* Vol. 51. No. 1. pp. 97-108.
- HANUSIN, J. 2000: Regional typification of runoff regime on example of a set of basins with autochthonous steams in Slovakia. – *Geografický casopis* Vol. 52. No. 4. pp. 337-351.
- HANUSZ I. 1889: A Duna. – *Földrajzi Közlemények* XVII. kötet 1. füzet, Magyar Földrajzi Társaság, Budapest. pp. 1-11.
- HOLKO, L.–KOSTKA, Z.–MIKLÁNEK, P. 2005: Basin-Wide Water Balance of the Danube River Basin – Maps of mean annual precipitation, actual evapotranspiration and runoff 1961-1990. – Final report, *Institute of Hydrology SAS*, Liptovský Mikuláš, Slovakia. 18 p.
- HRVATIN, M. 1998: Discharge regimes in Slovenia. – *Geografski Zbornik (Acta Geographica)* Vol. XXXVIII. Ljubljana, Slovenia. pp. 59-88.
- ICPDR (INTERNATIONAL COMMISSION FOR THE PROTECTION OF THE DANUBE RIVER) 2005: The Danube Basin Analysis – Part A: Basin-wide overview. Summary – *EU Water Framework Directive Roof Report 2004*. Vienna, Austria. 24 p.
- ILLÉS L.–KONECSNY K. 2000: Az erdő hidrológiai hatása az árvizek kialakulására a Felső-Tisza vízgyűjtőjében. – *Vízügyi Közlemények*, LXXXII. évfolyam 2. szám, OVF, Budapest. pp. 167-198.
- KÉZ A. 1930: A víz földrajza. – In: A természet könyve: Ég és Föld – A könyvbarátok szövetsége kiadványa, Sajtó alá rendezte: Nevelős Gyula, Budapest. pp. 194-233.

- KONECSNY K. 2002: Hegy- és dombvidéki erdők hatása a lefolyásra, különös tekintettel a Felső-Tisza vízgyűjtőjére. – *Hidrológiai Közlöny*, 82. évfolyam 6. szám, Budapest. pp. 327-331.
- KONECSNY K. 2005: A Felső-Tisza erdőborítottság változásának vízjárás-módosító hatása témakörében 2000 – 2004. között készült tanulmányok. – *Hidrológiai Közlöny*, 85. évfolyam, 2. szám, Budapest. pp. 54.
- KOVÁCS GY. 1984: Az átlagos lefolyás meghatározása a folytonos mező elvének alkalmazásával. – *Vízügyi Közlemények*, LXVI. évfolyam, 3. füzet, Budapest. pp. 357-384.
- KOVÁCS P. 2002: A Rába árvízhidrológiai jellemzése. – Diplomamunka, ELTE TTK, Budapest-Győr. 88 p.
- KOVÁCS P.–NOVÁKY B. 2004: Characterization of the runoff regime and its stability in the Tisza Catchment. – In: Proceedings of the XXIInd Conference of Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Brno, Czech Republic. pp. 172.
- KOVÁCS P. 2006a: Characterization of the runoff regime and its stability in the Danube Catchment. – Follow-up volume No. XI. to the Danube Monograph. Regional Cooperation of the Danube Countries. *VITUKI*, Budapest. 40 p.
- KOVÁCS P. 2006b: Characterization of the runoff regime and its stability in the Danube Catchment. – In: BRUK, S.–PETKOVIC, T. (ed.) 2006: Proceedings of the XXIIIrd Conference of Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Belgrade, Serbia. pp. 134.
- KRASOVSKAIA, I.–GOTTSCHALK, L. 1992: Stability of river flow regimes. – *Nordic Hydrology* Vol. 23. pp. 137-154.
- KRASOVSKAIA, I.–GOTTSCHALK, L.–ARNELL, N. W.–VAN DER WATEREN-DE HOOG, B. 1993: Variations in regime class over time. – In: GUSTARD, A. (ed.) 1993: FRIEND Report Vol. I.: Hydrological studies – *CEH Wallingford*, United Kingdom. pp. 131-138.
- KRASOVSKAIA, I.–ARNELL, N. W.–GOTTSCHALK, L. 1994: Flow regimes in northern and western Europe: development and application of procedures for classifying flow regimes. – In: SEUNA, P.–GUSTARD, A.–ARNELL, N. W.–COLE, G. A. (ed.) 1994: FRIEND Proceedings of the Braunschweig Conference, October 1993 – *IAHS Publications* No. 221. pp. 185-192.
- KRASOVSKAIA, I. 1995: Quantification of the stability of river flow regimes. – *Hydrological Sciences Journal* Vol. 40. No. 5. pp. 587-598.
- KRASOVSKAIA, I. 1997: Entropy-based grouping of river flow regimes. – *Journal of Hydrology* Vol. 202. pp. 173-191.
- KRASOVSKAIA, I.–GOTTSCHALK, L. 1997: Stability of river flow regimes. – In: AFOUDA, A.–GUSTARD, A.–MKHANDI, S.–OBERLIN, G.–DESBOS, E. (ed.) 1997: FRIEND Third Report: 1994-1997 – *Cemagref*, Paris. pp. 79-86.
- LÁNG I. 2006: KvVM – MTA VAHAVA projekt összefoglalása – A magyarországi klímapolitika alapjai: A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. – *KvVM-MTA VAHAVA projekt Tudományos Tanácsa*, Budapest. 66 p.

- LÁSZLÓFFY W. 1934: A magyar Duna vízjárása. – *Vízügyi Közlemények* 1934. 1. füzet, Budapest. pp. 26-55.
- LÁSZLÓFFY W. 1982: A Tisza. Vízi munkálatok és vízgazdálkodás a tiszai vízrendszerben. – *Akadémiai kiadó*, Budapest. 610 p.
- LE TREUT, H.–SOMERVILLE, R.–CUBASCH, U.–DING, Y.–MAURITZEN, C.–MOKSSIT, A.–PETERSON, T.–PRATHER, M. 2007: Historical Overview of Climate Change. – In: SOLOMON, S.–QIN, D.–MANNING, M.–CHEN, Z.–MARQUIS, M.–AVERYT, K. B.–TIGNOR, M.–MILLER, H. L. (ed.) 2007: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 93-127.
- LOVÁSZ GY. 1985: A lefolyás tendenciái a Duna nagymarosi szelvényében 1883-1980 között. – *Földrajzi Értesítő* XXXIV. évfolyam, 1-2. füzet, Budapest. pp. 47-58.
- LOVÁSZ GY. 1997: Vízföldrajz – In: LOVÁSZ GY. (szerk.) 1997: Magyarország természeti földrajza I-III. – *University Press*, Pécs. pp. 167-246.
- MIKA J. 1989: A globális felmelegedés és magyarországi sajátosságai. – *Vízügyi Közlemények*, LXXI. évfolyam, 4. szám, Budapest. pp. 543-558.
- NEMERKÉNYI A. 2000: Európai nagytájak. – In: PROBÁLD F. (szerk.): Európa regionális földrajza. – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest. pp. 21-84.
- NEMERKÉNYI A.–GÁBRIS GY. 2007: Európa természeti viszonyai – In: GÁBRIS GY. (szerk.): Európa regionális földrajza 1. Természetföldrajz. – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest. pp. 9-37.
- NEMERKÉNYI A.–HORVÁTH E.–PAVLICS KÁROLYNÉ 2007: Európai nagytájak: Az Alpok – In: GÁBRIS GY. (szerk.): Európa regionális földrajza 1. Természetföldrajz. – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest. pp. 121-139.
- NEMERKÉNYI A.–MÓGA J. 2007: Európai nagytájak: Kárpátok és a Kárpát-medence – In: GÁBRIS GY. (szerk.): Európa regionális földrajza 1. Természetföldrajz. – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest. pp. 140-173.
- NEMERKÉNYI A.–NAGY B. 2007: Európai nagytájak: A Balkán-félsziget – In: GÁBRIS GY. (szerk.): Európa regionális földrajza 1. Természetföldrajz. – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest. pp. 186-202.
- NEPPEL F. 1999: Palaeogeography of the Danube and its Catchment. – Follow-up volume No. V/2 to the Danube Monograph. Regional Cooperation of the Danube Countries. *VITUKI*, Budapest. 62 p.
- NÉMETH E. 1959: Hidrológia és hidrometria. – *Tankönyvkiadó*, Budapest. 256 p.
- NOVÁKY B. 2000a: Vízfolyásaink hidrológiai rezsimjének stabilitása. – A Magyar Hidrológiai Társaság XVIII. Országos Vándorgyűlése, Veszprém. II. kötet. pp. 506-514.
- NOVÁKY B. 2000b: Az éghajlatváltozás vízgazdálkodási hatásai. – *Vízügyi Közlemények*, LXXXII. évfolyam 3-4. szám, Budapest. pp. 418-448.
- NOVÁKY B.–GODA L.–DOMOKOS M.–BERGMANN, H. 2001: Éghajlatváltozási hatások keresése a Felső-Rába vízgyűjtőjében. – *Vízügyi Közlemények*, LXXXIII. évfolyam, 3. szám, Budapest. pp. 393-428.

- NOVÁKY B.–SZALAY M. 2001: A hazai vízfolyások hidrológiai rezsimjének stabilitása. – *Szent István Egyetem*, Gödöllő. 51 p.
- NOVÁKY B. 2003: Éghajlat és víz: bizonyosságok és bizonytalanságok. – *Vízügyi Közlemények*, LXXXV. évfolyam 4. szám, Budapest. pp. 536-546.
- NOVÁKY B.–BÁLINT G. 2004: Éghajlatváltozás és a víz. – *Természet világa* 135. évfolyam, II. különszám, Budapest. pp. 60-64.
- NOVÁKY B. 2006: Az éghajlatváltozás hatása a felszíni és felszín alatti vizekre. – In: Az MTA-VAHAVA projekt zárójelentése, Budapest.
- ORLÓCI I. (szerk.) 1994: Az éghajlatváltozás hatása a hidrológiai és vízminőségi paraméterekre. – *VITUKI Tanulmányok* No. 59. VITUKI, Budapest. 219 p.
- PARDÉ, M. 1955: Fleuves et rivières. – *Collection Armand Colin*, 3^e édition, Paris (Orig. 1933.) 223 p.
- PASOI, I. (szerk.) 2004: Inventory of the main hydraulic structures in the Danube Basin. – Follow-up volume No.VIII/1 to the Danube Monograph. Regional Cooperation of the Danube Countries. – *NIMH*, Bucharest. 62 p.
- PÉCSI M.–SÁRFALVI B. 1960: Magyarország földrajza. – *Akadémiai kiadó*, Budapest. 327 p.
- PÉCSI M. (sorozat szerk.): Magyarország tájföldrajza sorozat
- I. kötet: Marosi S.–Szilárd J. (szerk.) 1967: A dunai alföld. – *Akadémiai kiadó*, Budapest. 358 p.
- II. kötet: Marosi S.–Szilárd J. (szerk.) 1969: A tiszai alföld. – *Akadémiai kiadó*, Budapest. 381 p.
- III. kötet: Ádám L.–Marosi S. (szerk.) 1975: A Kisalföld és a Nyugat-magyarországi peremvidék. – *Akadémiai kiadó*, Budapest. 605 p.
- IV. kötet: Ádám L.–Marosi S.–Szilárd J. (szerk.) 1981: A Dunántúli-dombság, Dél-Dunántúl. – *Akadémiai kiadó*, Budapest. 704 p.
- V. kötet: Ádám L.–Marosi S.–Szilárd J. (szerk.) 1987: A Dunántúli-középhegység. A) Természeti adottságok és erőforrások. – *Akadémiai kiadó*, Budapest. 500 p.
- VI. kötet: Ádám L.–Marosi S.–Szilárd J. (szerk.) 1987: A Dunántúli-középhegység. B) Regionális földrajz. – *Akadémiai kiadó*, Budapest. 494 p.
- PFAUNDLER, M.–WEINGARTNER, R.–DEIZIG, R. 2006: „Versteckt hinter den Mittelwerten” – die Variabilität des Abflussregimes („Hidden behind the means” – The variability of flow regimes). – *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 50. Jahrgang, Heft 3, Juni pp. 116-123.
- PUSKÁS T. 1961: Adatgyűjtemény Magyarország felszíni vizeiről. – *VITUKI Tanulmányok és Kutatási Eredmények* 10. kötet, Budapest.
- PUSKÁS T. 1967: Magyarország felszíni vizei. – *VITUKI*, Budapest. 83 p.
- RADVÁNSZKY B.–JACOB, D. 2008: A Tisza vízgyűjtőterületének várható klímaváltozása és annak hatása a Tisza vízhozamára regionális klímamodell (REMO) és a lefolyási modell (HD) alkalmazásával. – *Hidrológiai Közöny*, 88. évfolyam, 3. szám, Budapest. pp. 33-42.

- Regionale Zusammenarbeit der Donauländer (RzD) 1986: Die Donau und ihr Einzugsgebiet. – Eine hydrologische Monographie. Teil 1: Texte, Teil 2: Tabellen, Teil 3: Karten (Danube Monograph, German version) – *Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft*, München. 605 p.
- SEMYONOV, V. A.–ALEXEYEVA, A. K. 1994: Regional particulars of the runoff variations of the rivers in Russia and adjacent Eurasian areas. – In: SEUNA, P.–GUSTARD, A.–ARNELL, N. W.–COLE, G. A. (ed.) 1994: FRIEND Proceedings of the Braunschweig Conference, October 1993 – *IAHS Publications* No. 221. pp. 193-198.
- SOMOGYI S. 2001: Természeti és társadalmi hatások a Duna mai vízrendszerében. – *Földrajzi Értesítő* L. évfolyam, 1-4. füzet, MTA FKI, Budapest. pp. 299-310.
- STANCÍK, A.–JOVANOVIC, S. 1989: Hydrology of the River Danube. – Quadrilingual, abridged version of the Danube Monograph. – *Príroda*, Bratislava. 272 p.
- STANESCU, V. A.–UNGUREANU, V. 1997a: European regimes: diversity and features. – In: AFOUDA, A.–GUSTARD, A.–MKHANDI, S.–OBERLIN, G.–DESBOS, E. (ed.) 1997: FRIEND Third Report: 1994-1997 – *Cemagref*, Paris. pp. 71-78.
- STANESCU, V. A.–UNGUREANU, V. 1997b: Hydrological regimes in the FRIEND-AMHY area: space variability and stability. – In: GUSTARD, A.–BLAZKOVA, S.–BRILLY, M.–DEMUTH, S.–DIXON, J.–VAN LANEN, H.–LLASAT, C.–MKHANDI, S.–SERVAT, E. (ed.) 1997: FRIEND '97 – Regional hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management. – *IAHS Publications* No. 246. pp. 67-75.
- STANESCU, V.A.–CORBUS, C. 2004: Discriminant descriptors and stability of the river flow regime; A methodological attempt. – In: Proceedings of the XXIInd Conference of Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Brno, Czech Republic. pp. 203-204.
- STELCZER K.–CSOMA J. 1979: Ármentesítés, árvízvédelem, folyószabályozás. – Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Kar, *Tankönyvkiadó*, Budapest. 255 p.
- STELCZER K. 2000: A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai. – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest. 411 p.
- SZABÓ J. 1998: A víz földrajza. – In: BORSY Z. (szerk.): Általános természetföldrajz. – *Nemzeti Tankönyvkiadó*, Budapest. pp. 124-251. (Orig. 1992.)
- SZESZTAY K. 1970: Hidrológia I-II. – BME Vízgazdálkodási Főiskolai Kar, Baja – *Tankönyvkiadó*, Budapest. 205 p.
- TIMÁR G. 2004: Erdősültség-változás a Felső-Tisza vízgyűjtőjén. – Környezetünk védelme, Navigáció és térképészet, Hazai kutatóhelyek és üipar.
<http://www.urvilag.hu/article.php>
- USGS (United States Geological Survey – EROS Data Center) 2003: HYDRO1k Documentation, Sioux Falls, USA.
<http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/hydro/readme.asp>
- V. NAGY I. 1978: Hidrológia I-III. – BME Építőmérnöki Kar – *Tankönyvkiadó*, Budapest. 312 p.

- ZHURAVIN, S. A. 1994: Trend analysis of hydrological regime characteristics for small rivers in the central area of European Russia. – In: SEUNA, P.–GUSTARD, A.–ARNELL, N. W.–COLE, G. A. (ed.) 1994: FRIEND Proceedings of the Braunschweig Conference, October 1993 – *IAHS Publications* No. 221. pp. 199-206.
- ZHURAVIN, S. A. 2002: Changes of the hydrological regimes over the central part of European Russia resulting from climate variations. – In: VAN LANEN, H. A. J.–DEMUTH, S. (ed.) 2002: FRIEND 2002 – Regional Hydrology: Bridging the Gap between Research and Practice. Proceedings of the Fourth International FRIEND Conference held in Cape Town, South Africa, March 2002. – *IAHS Publications* No. 274. pp. 441-447.

A DOLGOZATBAN HASZNÁLT FÖLDRAJZI NEVEK FORRÁSAI

- GÁBRIS GY. (szerk.) 1998: Regionális természetföldrajzi atlasz – Európa. – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest. 74 p.
- PAPP-VÁRY Á. (szerk.) 1999: Magyarország atlasza. – *Cartographia Kft.*, Budapest. 132 p.
- PAPP-VÁRY Á. (szerk.) 2002: Cartographia Világatlasz. *Cartographia Kft.*, Budapest. 461 p.
- ZENTAI L. (szerk.) 2000: Magyarország közigazgatási atlasza 1914 – A Magyar Szent Korona országai. – *Talma Könyvkiadó*, Baja-Pécs. 199 p.

NÉVMUTATÓ

A névmutató azokat a földrajzi neveket tartalmazza, amelyek az értekezés szövegében és a mellékletekben eltérő alakú megnevezéssel szerepelnek.

Magyar név	Idegennyelvű elnevezés
Béga	Bega (RO)
Bódva	Bodva (SK)
Déli-Morava	Juzna Morava (SCG)
Dráva	Drau (A), Drava (HR)
Duna	Donau (D, A), Dunaj (SK), Dunav (SCG), Dunarea (RO)
Fehér-Körös	Crisul Alb (RO)
Fekete-Körös	Crisul Negru (RO)
Garam	Hron (SK)
Gölnic	Hnilec (SK)
Hernád	Hornad (SK)
Hernádzsadány	Zdana (SK)
Ipoly	Ipel (SK)
Iszker	Iskar (BG)
Jalomica	Jalomita (RO)
Kisuca	Kysuca (SK)
Körös	Crisul (RO)
Lajta	Leitha (A)
Latorca	Latorycya (UA)
Maros	Mures (RO)
Morava	Velika Morava (SER)
Morva	Morava (CZ)
Munkács	Mucachove (UA)
Mura	Mur (A), Mura (HR)

Magyar név	Idegennyelvű elnevezés
Nagyág	Rika (UA)
Nyitra	Nitra (SK)
Ökörmező	Mizhhirya (UA)
Pancsova	Pancevo (SCG)
Pozsony	Bratislava (SK)
Rába	Raab (A)
Rahó	Rahiv (UA)
Sajó	Slana (SK)
Sajólénárt	Lenartovce (SK)
Sebes-Körös	Crisul Repede (RO)
Szamos	Somes (RO)
Szatmárnémeti	Satu Mare (RO)
Száva	Sava (SLO, HR, SCG)
Szeret	Siret (UA, RO)
Szörényvár	Turnu Severin (RO)
Tarac	Teresva (UA)
Temes	Timis (RO)
Tisza	Tysa (UA), Tisa (SCG)
Tiszaújlak	Vylok (UA)
Újbecse	Novi Becej (SCG)
Vág	Vah (SK)
Visó	Viseu (RO)
Zágráb	Zagreb (HR)
Zsil	Jiu (RO)

TÁBLÁZATJEGYZÉK

		Oldalszám
1. táblázat	A Duna-vízgyűjtő országai 2005-ben (KOVÁCS P. 2006a)	7
2. táblázat	Európa, a Duna-vízgyűjtő és Magyarország vízháztartási mérlege (STELCZER K. 2000)	10
3. táblázat	A Duna jelentősebb mellékfolyóinak fontosabb adatai (RzD 1986)	12
4. táblázat	A léghőmérséklet és a csapadék jellemző értékei a Duna vízgyűjtőterületén (KOVÁCS P. 2006a)	26
5. táblázat	A vízjárástípusok PARDE, M. (1955) szerint	49
6. táblázat	A vizsgálatba bevont állomások országonkénti megoszlása a Dunai országok által elérhetővé tett adatsorok alapján (KOVÁCS P. 2006a)	64
7. táblázat	A hat hidrológiai esemény diszkrimináns időszakai a példaként kiválasztott 11 állomáson	69
8. táblázat	A példaként kiválasztott 11 állomás sorrendje a MAX1 és min1 események előfordulási időszakai alapján történt rendezés után	70
9. táblázat	A példaként kiválasztott 11 állomás végső sorrendje	70
10. táblázat	A példaként kiválasztott 11 állomáshoz tartozó vízjárástípusok	71
11. táblázat	Az egyes vízjárástípusokhoz tartozó diszkrimináns időszakok ideje és hossza a példaként kiválasztott 11 állomás esetében	72
12. táblázat	A stabilitás empirikus minősítése a Nováky-féle stabilitási index alapján	75
13. táblázat	Vízjárástípusok a Duna vízgyűjtőterületén	77
14. táblázat	A középvízhozamok 1. maximumának intenzitási kategóriái GRIMM, F. (1968) szerint	93
15. táblázat	Vízjárési főtipusok Európában GRIMM, F. (1968) szerint	95
16. táblázat	A vízjárési főtipusok táplálóforrás szerinti csoportosítása GRIMM, F. (1968) szerint	95
17. táblázat	A Duna vízgyűjtőjét érintő vízjárástípusok GRIMM, F. (1968) tipizálási rendszerében	96
18. táblázat	A stabilitási mutatók vízjárástípusonkénti átlagos értékei	100
19. táblázat	100 éves, vagy annál hosszabb adatsorok a Duna vízgyűjtőterületén	109

ÁBRAJEGYZÉK

	Oldalszám
1. ábra A Duna vízgyűjtőterületének földrajzi elhelyezkedése az európai kontinensen (NEPPEL F. 1999)	5
2. ábra A Duna vízgyűjtő földrajzi régiói (NEPPEL F. 1999)	14
3. ábra A lefolyás havi megoszlása a vízjárási főtípusokban egy-egy jellemző állomás adatai alapján	79
4. ábra A stabilitás mérőszámának változása a diszkrimináns időszakok helyének (a vízjárás típusának) függvényében	100
5. ábra A vízjárás stabilitásának változása a Duna mentén	105
6. ábra A vízjárás stabilitásának változásai a Tisza mentén	106
7. ábra A MAX1 esemény stabilitásának időbeli változása a Dunán	111
8. ábra A MAX1 esemény stabilitásának időbeli változása a Kárpát-medence néhány vízfolyásán	112
9. ábra A MAX1 esemény stabilitásának időbeli változása a Bajor-medence két vízfolyásán	113
10. ábra A min1 esemény stabilitásának időbeli változása a Dunán	114
11. ábra A min1 esemény stabilitásának időbeli változása a Kárpát-medence néhány vízfolyásán	114
12. ábra A min1 esemény stabilitásának időbeli változása a Bajor-medence két vízfolyásán	115
13. ábra A lefolyás havi megoszlása a Duna nagymarosi szelvényében az 1901-1970 és az 1971-2000 közötti időszakokban	117
14. ábra A lefolyás havi megoszlása a Tisza vásárosnaményi szelvényében az 1901-1970 és az 1971-2000 közötti időszakokban	118

KÉPEK JEGYZÉKE

	Oldalszám
1. kép Vízhozammérés Budapestnél a Nemzeti Színház árnyékában	1
2. kép A Bécsi-medencében kanyargó Duna látképe a Hainburg melletti Braunsberggről	4
3. kép A Pers-gleccser felső szakasza az Inn forrásvidékén	9
4. kép A Dévényi-vár romjai a Duna-parton	15
5. kép A Tisza torkolata Titelnél	18
6. kép Szörény várának romjai Turnu Severinben	19
7. kép Lovak a Duna parton a Balta Brailein	21
8. kép A Piz Bernina négyezer méter feletti hegycsúcsa	23
9. kép A Kis-Kazán-szoros az Aldunán	24
10. kép A két forráság, a Fekete- és Fehér-Tisza találkozása Rahónál	30
11. kép Tengerjáró hajó tart a Fekete-tenger felé a Duna-deltában	33
12. kép Erdőirtás friss nyomai a Vereckei-hágónál	40
13. kép A Vaskapu I. vízerőmű látképe az alvíz felől	42
14. kép Vízhozammérés a Berettyó szeghalmi hídjánál	46
15. kép A Tisza szegedi mérőszelvénye	54
16. kép A Duna Pozsonynál	64
17. kép Vízhozammérés a Dunán Nagymarosnál árvíz idején	76
18. kép Az áradó Nagyág Ökörmezőnél	83
19. kép A Lajta a felső állomásnál, az ausztriai Deutsch Brodersdorfban	85
20. kép A Tisza Tiszapalkonyánál	88
21. kép A Rába árpási vízmércéje	91
22. kép Millenniumi Turul-szobor vigyázza az áradó Latorcát a Munkácsi vár fokán	98
23. kép Vízhozammérés az Ipoly nógrádszakáli szelvényében kisvíznél	103
24. kép Az emelhető Duna-híd Giurgiunál	106
25. kép A Bodrog felsőberekki mérőszelvénye	107
26. kép Vízhozammérés a Tiszán a záhonyi híd felett	109
27. kép Árvízi vízhozammérés a Zagyva szentlőrinc-káti hídjánál	112
28. kép A vásárosnaményi vízmérce a Tiszán	116
29. kép A Tisza felső folyása Európa földrajzi középpontjánál	119
30. kép A Duna látképe Budapestnél	124

MELLÉKLETEK 1-20.

A MELLÉKLETEK JEGYZÉKE

1. melléklet: A Duna-vízgyűjtő országai 2005.

2. melléklet: A Duna vízgyűjtő domborzata

Forrás: USGS 2003: HYDRO1k, Sioux Falls, USA.

3. melléklet: A Duna vízgyűjtőterületének egyszerűsített hidrogeológiai térképe

Készült: Az International Hydrogeological Map of Europe (IHME). – Scale 1:1500000, The International Association of Hydrogeologists. – *Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover and UNESCO.*

- C4 Berlin 1970.
 - C5 Bern 1977.
 - D4 Warszawa 1981.
 - D5 Budapest (before publication) 2006.
 - E5 Bucharest (under preparation) 2006.
- térképlapjai alapján.*

4. melléklet: A Duna-vízgyűjtő klímátípusai

Forrás: Regionale Zusammenarbeit der Donauländer (RzD) 1986: Die Donau und ihr Einzugsgebiet. – Eine hydrologische Monographie. Teil 3: Karten (Danube Monograph, German version) – *Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München.* 8 Tabellen.

5. melléklet: Az évi középhőmérséklet alakulása a Duna vízgyűjtőterületén

Forrás: Regionale Zusammenarbeit der Donauländer (RzD) 1986: Die Donau und ihr Einzugsgebiet. – Eine hydrologische Monographie. Teil 3: Karten (Danube Monograph, German version) – *Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München.* 8 Tabellen.

6. melléklet: Az évi átlagos csapadékmennyiség a Duna vízgyűjtőterületén (1961-1990)

Forrás: KOSTKA, Z.–HOLKO, L.–MIKLÁNEK, P.–BADUROVA, K.–PETROVIC, P. (editors) 2005: Maps of mean annual precipitation, actual evapotranspiration and runoff 1961-1990. – Basin-Wide Water Balance of the Danube River Basin. *Institute of Hydrology SAS, Liptovský Mikuláš, Slovakia*

7. melléklet: Éves csapadékatlagok a Duna-vízgyűjtő egyes részterületein (1990-2007)

8. melléklet: A Duna vízgyűjtőterületének kivágata Grimm, F.: „Die Abflusstypen in Europa” című térképéből

Forrás: GRIMM, F. 1968: Das Abflußverhalten in Europa – Typen und regionale Gliederung. (Mit 4 Beilagen) – *Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Deutschen Institut für Landerkunde, Neue Folge (Heft) 25/26.* VEB Bibliographisches Institut, Leipzig. pp. 18-180.

9. melléklet: A vizsgálatba bevont vízhozammérő állomások fontosabb adatai és a felhasznált vízhozam adatsorok jellemzői a Duna vízgyűjtőterületén

10. melléklet: A vizsgálatba bevont állomások a Duna-vízgyűjtő területén

11. melléklet: A stabilitási mutatók számításának egy számítógépi eredménylapja
12. melléklet: A diszkrimináns időszakok, amelyekben az egyes kiválasztott hidrológiai események a legnagyobb valószínűséggel fordulnak elő a Duna vízgyűjtő vizsgált mérőállomásain
13. melléklet: Az egyes észlelő-állomások csoportosítása a vízjárás éven belüli változásainak hasonlósága alapján – A vízjárástípusok a Duna vízgyűjtőterületén
14. melléklet: Vízjárástípusok a Duna-vízgyűjtő területén
15. melléklet: A Duna vízgyűjtőterületén kiválasztott állomások vízhozam adatsorait – vízjárását – jellemző stabilitási indexek
16. melléklet: Az éves vízjárás stabilitásának regionális különbségei (N_R)
17. melléklet: A nagyvízi vízjárás stabilitásának regionális különbségei (N_{MAX})
18. melléklet: Az első legnagyobb havi középvízhozam stabilitásának regionális különbségei (N_{MAX1})
19. melléklet: A kisvízi vízjárás stabilitásának regionális különbségei (N_{min})
20. melléklet: Az első legkisebb havi középvízhozam stabilitásának regionális különbségei (N_{min1})